

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LACTONAS
MACROCÍCLICAS (Ivermectinas) ELIMINADAS EN LA MATERIA FECAL DE GANADO
BOVINO SOBRE DIFERENTES FAMILIAS DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN
FINCAS GANADERAS DEL ALTIPLANO BOYACENSE**



JENNY CAROLINA MORENO MORALES

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE POSGRADOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLOGICAS
TUNJA, 2.015**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LACTONAS
MACROCÍCLICAS (Ivermectinas) ELIMINADAS EN LA MATERIA FECAL DE GANADO
BOVINO SOBRE DIFERENTES FAMILIAS DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN
FINCAS GANADERAS DEL ALTIPLANO BOYACENSE**



*Trabajo de investigación como requisito para optar al grado de Magister en
Ciencias Biológicas*

JENNY CAROLINA MORENO MORALES

Dr. ROY JOSÉ ANDRADE BECERRA (Director)

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE POSGRADOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLOGICAS
TUNJA, 2.015**

Dedico esta gran obra primeramente a Dios, inspirados de la vida, a mi maravilloso hijo, por ser el motivo de mis esfuerzos, a mis adorados padres y hermanos, por su permanente apoyo incondicional, a mi director de tesis y maestros, quienes me orientaron en mi proceso y a todos aquellos, que de una u otra forma me brindaron su ayuda en este camino incasable, para culminar un nuevo logro en mi vida.

NOTA DE ACEPTACIÓN

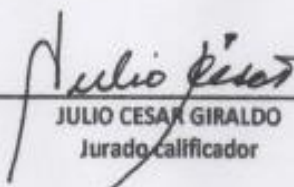
Según el acta de aceptación No. _____, para JENNY CAROLINA MORENO MORALES, fue aprobada y calificada esta tesis de Maestría como _____, por la escuela de Posgrados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.



GABRIEL PATARROLLO MORENO
Decano de la Facultad de Ciencias



JOVANNY ARLES GOMEZ CASTAÑO
Director de la Escuela de Posgrados



JULIO CESAR GIRALDO
Jurado calificador



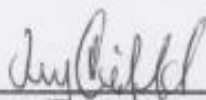
MARTÍN ORLANDO PULIDO
Jurado calificador



JAIRO ANTONIO CAMACHO REYES
Coordinador Académico Maestría en Ciencias
Biológicas



ROY JOSÉ ANDRADE
Director de Tesis



JENNY CAROLINA MORENO MORALES
Autor

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	Pág
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	14
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. MARCO REFERENCIAL	17
4.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	17
4.1.1 El funcionamiento normal de los pastizales	17
4.1.1.1 El papel de los invertebrados del suelo	19
4.1.2 Escarabajo estercolero	20
4.1.2.1 El papel de los escarabajos estercoleros en el control biológico de la mosca de los cuernos y de los parásitos gastrointestinales de los bovinos.	22
4.1.2.2 Métodos de colecta de escarabajos coprófagos	23
4.1.2.2.1 Factores asociados con la efectividad de las trampas pitfall	24
4.1.2.2.2 Protocolo de montaje de las trampas pitfall	24
4.1.3 Lactonas macrocíclicas	25
4.1.3.1 Propiedades físico-químicas.	26
4.1.3.2 Métodos de detección.	26
4.1.3.3 Propiedades farmacológicas	26

4.1.3.4 Espectro de actividad.	27
4.1.3.5 Propiedades farmacocinéticas.	29
4.1.3.6 Formulación.	30
4.1.3.7 Vías de administración.	30
4.1.3.8 Distribución.	31
4.1.3.9 Metabolismo y excreción.	31
4.1.3.10 Impacto ambiental	32
4.2 Marco histórico geográfico	35
4.2.1 Altiplano boyacense	35
4.2.1.1 Descripción geográfica	35
4.2.1.2 Geología	39
4.2.2 Paipa, Boyacá	39
4.2.2.1 El Territorio Municipal	39
4.2.2.2 La división territorial municipal	40
4.2.2.2 .1 Sector Urbano y Rural	41
4.2.2.3 Sectores de la producción	41
4.2.3 Granja Tunguavita (área experimental)	42
4.2.3.1 Localización	43
4.3 Marco legal	43
4.3.1. Constitución política de Colombia	44
4.3.1.2 TITULO II De los derechos, las garantías y los deberes.	44
4.3.2.3 Capitulo 3 De Los Derechos Colectivos Y Ambientales	44
4.3.3 Sector Ambiental	44
4.3.3.1 Ley 9 de 1.979.	44

4.3.3.2 Ley 99 de 1.993.	45
4.3.3.3 Ley 253 de 1.996.	45
4.3.3.4 Ley 430 de 1.998	45
4.3.3.5 Ley 55 de 1.993.	45
4.3.3.6 Decreto 2141 de 1.992.	46
4.3.3.7 Decreto 1840 de 1.994	46
4.3.3.8 Decreto 4741 de 2.005.	46
4.3.3.9 Resolución 789 de 2.007.	46
4.3.4 Sector Político	46
4.3.4.1 Código nacional de los recursos renovables y de la protección del medio ambiente	46
4.3.4.1.1 Ley 23 1.973.	46
5. Metodología	47
5.1. FASE 1. Predicción	49
5.2 FASE 2. Diseño y ejecución	50
5.3 FASE 3. Evaluación	53
6. Análisis y discusión de resultados	54
6.1 Predicción	54
6.1.1 Actividad 1.	54
6.1.2 Actividad 2.	55
6.2 FASE 2. Diseño y ejecución	59
6.2.1 Actividad 1.	59
6.2.1.1 Trampas de caída	59
6.2.1.2 Recolección de individuos	60

6.2.1.3 Procedimiento taxonómico	63
6.2.1.4 Análisis estadístico número y especies de individuos colectados.	66
6.2.1.5 Análisis estadístico – tiempos de vida de escarabajos estercoleros con diferentes concentraciones de Ivermectina	68
7. ACTIVIDAD 2	74
7.1 Tratamiento con Ivermectina	74
8. FASE 3. EVALUACIÓN	79
9. CONCLUSIONES	82
AGRADECIMIENTOS	85
ANEXO 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA GRANJA TUNGUAVITA	87
BIBLIOGRAFÍA	88
INFOGRAFÍA	88

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Granja experimental Tunguavita</i>	53
Ilustración 2. <i>Disposición de las trampas de caída</i>	59
Ilustración 3. <i>Individuos colectados</i>	60
Ilustración 4. <u><i>Onthopagus curvicornis</i></u>	64
Ilustración 5. <u><i>Uroxys coarctatus</i></u>	64
Ilustración 6. <i>Margarinotus merdarius</i>	64
<i>Familia Histeridae</i>	
Ilustración 7. <i>Melinopterus femoralis</i> . Subfamilia Aphodiinae	61
Ilustración 8. <i>Terrarios, simuladores de hábitat de escarabajos estercoleros con diferentes concentraciones de Ivermectina</i>	69
Ilustración 9. <i>Terrarios, simuladores de hábitat de escarabajos estercoleros con diferentes concentraciones de Ivermectina</i>	69
Ilustración 10. <i>Toma de muestras de heces</i>	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Identificación de impacto ambiental. Matriz causa – efecto</i>	55
Tabla 2. <i>Matriz de ponderación de la identificación de Impactos Ambientales</i>	57
Tabla. 3 <i>Relación especies –abundancia</i>	61
Tabla 4. <i>Promedio de individuos por día según Ivermectina</i>	66
Tabla 5. <i>Promedio de tiempo de vida de Escarabajos Estercoleros</i>	69
Tabla 6. <i>Promedios de tiempos de vida por concentración. Prueba Chi cuadrado</i>	70
Tabla 7. <i>ANOVA para horas por Concentración</i>	72
Tabla 8. <i>Análisis de varianza relación entre horas de vida y concentración de Ivermectina</i>	73
Tabla 9. <i>Concentración por día de Ivermectina extraída del estiércol de ganado bovino</i>	76
Tabla 10. <i>Análisis de varianza de la concentración de Ivermectina</i>	76
Tabla 11. <i>Coeficiente de determinación de concentración de Ivermectina</i>	77
Tabla 12. <i>Porcentaje de recuperación de Ivermectina con la aplicación de diferentes concentraciones en las heces de ganado bovino.</i>	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Promedio de individuos por día según Ivermectina</i>	68
Figura 2. <i>Horas de vida en cada concentración de Ivermectina</i>	72
Figura 3. <i>Línea de regresión de horas de vida vs concentración</i>	73
Figura 4. <i>Línea de porcentaje de recuperación de Ivermectiva</i>	79

INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos fundamental para los seres vivos, es el suelo, el cual proporciona los elementos necesarios para la nutrición, hábitat y desarrollo biológico de los mismos. Las acciones que los seres humanos realizan para su sostenibilidad económica a través de la ganadería, en algunos casos, han causado daños irreparables a este recurso, con elementos químicos que perjudican la supervivencia de organismos que coayudan a su mantenimiento; como es el caso de los desparasitantes (Ivermectina) aplicados al ganado, que al ser eliminados por medio de las heces van directamente al pastizal e igualmente algunos residuos del producto que son desechados y no se les ha ubicado en contenedores especiales para su disposición final, los cuales manteniendo su actividad insecticida, perjudicando a la entomofauna coprófaga, en este caso objeto de estudio los escarabajos estercoleros (agentes desintegradores de la materia orgánica para el retorno de nutrientes al suelo).

Este proyecto permitió establecer las causas y consecuencias del impacto ambiental generado por las lactonas macrocíclicas (Ivermectina), a través de pruebas experimentales generando una propuesta de conservación del ecosistema, con acciones encaminadas hacia la sensibilización y fortalecimiento de valores ambientales.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LACTONAS MACROCÍCLICAS (Ivermectinas) ELIMINADAS EN LA MATERIA FECAL DE GANADO BOVINO SOBRE DIFERENTES FAMILIAS DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN FINCAS GANADERAS DEL ALTIPLANO BOYACENSE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El reciclaje de la materia orgánica producida por las heces del ganado genera gran cantidad de elementos minerales para la producción de pastos.

Un factor de gran impacto ambiental, es la pérdida de éstas áreas de pastizales, producto de la desaparición de la entomofauna coprófaga, importante en procesos biológicos y ecológicos (mantenimiento de elementos nitrogenados, incremento de la fertilidad y la productividad del suelo y destrucción de los huevos y quistes de parásitos del ganado), daño generado por el empleo de herbicidas y de desparasitantes. Tal es el caso de las Lactonas Macrocíclicas (Ivermectinas), con mayor difusión y utilización por su economía en las diferentes especies de animales en Colombia; sus elevadas concentraciones se eliminan por las heces del ganado, manteniendo su actividad biológica y ejerciendo su poder insecticida, produciendo la muerte sobre un gran número de especies de coleópteros coprófagos, en este caso, objeto de estudio los Escarabajos Estercoleros que colonizan y descomponen la materia fecal.

1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo afecta el empleo de Lactonas Macroclílicas (Ivermectinas) presente en la materia fecal del ganado bovino, la diversidad y abundancia del Escarabajo Estercolero en diferentes fincas ganaderas del Altiplano Boyacense?

2 JUSTIFICACIÓN

Son múltiples las funciones que realizan los escarabajos estercoleros al utilizar el estiércol animal para alimentarse. No sólo fertilizan el suelo, fabrican depósitos y reservas subterráneas de alimento, aceleran el ciclo de los nutrientes orgánicos y minerales del suelo, sino que mejoran la estructura de éste y facilitan la optimización de los nutrientes del pasto, aumentando su contenido de materia seca (García, et al., 2.013). Actualmente, se encuentran diversidad de forrajes que gracias a su aporte de nutrientes reflejados en su fertilidad son indispensables en el flujo de energía como productores y base indispensable para el alimento de sus consumidores de primer orden como por ejemplo el ganado bovino.

En Colombia una de las principales fuentes de ingreso económico es la ganadería, y para que ésta sea de alta productividad en cualquiera de sus dos propósitos (carne o leche), es necesario de técnicas agrícolas eficientes. Sin embargo por factores no controlados, el ganado puede llegar a enfermar, haciéndose necesaria la utilización de desparasitantes como las Lactonas Macroclílicas (Ivermectinas), donde un gran porcentaje del contenido de este producto está presente en las heces, lo cual al ser depositado en los pastizales genera un impacto ambiental negativo en cuanto a la

reducción o desaparición del Escarabajo estercolero, aumento de parásitos en el ganado y alteración ciclo normal del ecosistema.

En fincas ganaderas del Altiplano Boyacense, este problema se ve acentuado, siendo este uno de los principales productos que por su amplia difusión y economía son empleados para solucionar problemas de parásitos internos y externos en el ganado; es por ello, que este trabajo de investigación buscó evaluar los impactos generado por la Ivermectina sobre la diversidad y abundancia del Escarabajo estercoleros, ya que aportan beneficios bilógicos, ecosistémicos y además representa una alta fuente de ayuda para la producción agrícola y ganadera, siendo aprovechada la materia orgánica, como fuente de conservación de estos individuos.

La gestión en cuanto a acciones educativas, de sensibilización, comunicación, información, recuperación y protección, dirigidas a la comunidad y a cada uno de los habitantes son básicas para conseguir una serie de mejoras ambientales, tanto de presente como de futuro. Alcanzar el marco de la sostenibilidad pasa inevitablemente por una labor de gestión y educación ambiental. Esta debe alcanzar a todos los estamentos de nuestra sociedad, y todos hemos de ser partícipes de ella.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto ambiental generado por Lactonas Macroclícas (Ivermectinas) eliminadas en la materia fecal de ganado bovino sobre diferentes familias de escarabajos estercoleros en fincas ganaderas del Altiplano Boyacense.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar la cantidad de Lactonas Macroclícas eliminadas en la materia fecal del ganado bovino.

Medir el efecto de las Lactonas Macroclícas sobre las familias de escarabajos estercoleros encontrados (diversidad y abundancia), teniendo en cuenta tiempo de sobrevivencia por concentración del desparasitante.

Formular acciones de educación y gestión ambiental para ofrecer alternativas de solución en el mantenimiento y conservación de las diferentes familias de Escarabajos estercoleros.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

4.1.1 EL FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LOS PASTIZALES

El agroecosistema ganadero es un ecosistema modificado para la producción de alimentos, fibra y otros productos para su consumo y procesamiento humano. Pero como en todos los ecosistemas existe una organización y funciones ecológicas que ayudan a su mantenimiento. Una de las funciones básicas de todo ecosistema es el reciclaje de nutrientes, que en el caso del pastizal ganadero tiene que ver con el aprovechamiento de los desechos de los animales, en especial del estiércol que en gran cantidad produce el ganado bovino (Cruz, 2.011).

En los ecosistemas de pastizal, la producción forrajera depende estrechamente del reciclaje de la materia orgánica producida y de la cantidad de elementos minerales disponibles (Lumaret, 2.005).

La productividad y la persistencia de los pastos dependen de la adaptación de la especie de forraje usada y las condiciones del suelo y el clima de la región. Entre los nutrientes requeridos para las plantas, el fósforo (P) es importante en el establecimiento de las plantas, mientras que el nitrógeno (N) llega a ser importante en el mantenimiento de la productividad de los forrajes herbáceos (Bhling, 2.006).

El nitrógeno es el componente principal de las proteínas que participan activamente en la síntesis de los compuestos orgánicos que forman la estructura y confieren calidad al vegetal, mientras que el fósforo provee la energía usada en las reacciones enzimáticas (Bhling, 2.006).

Aun cuando haya abundancia en la atmósfera, el N se encuentra presente en mínimas concentraciones en la mayoría de los suelos. Este elemento mineral no es un

componente de roca madre y se encuentra principalmente en materias orgánicas. La deficiencia de N se acentúa con el declive en tenores de materia orgánica de un suelo, quedando este elemento retenido en los residuos vegetales de elevada relación C: N, así bien inmovilizado temporalmente en microorganismos del suelo, que actúa en la descomposición de estos residuos.

Ciertos flujos, como son las restituciones bajo la forma de heces producidas por el ganado, son cuantificables fácilmente. El futuro de estos excrementos está ligado a la naturaleza de los organismos recicladores y descomponedores del ecosistema. El pastizal acelera el proceso de reciclaje porque las boñigas están constituidas en su mayor parte de elementos orgánicos ya transformados, (Lumaret, 2.005).

En un animal adulto de 500 kg se encuentra retenida la masa corporal 12 kg de N, 3,5 kg de P y 1 kg de K. Gran parte de los nutrientes ingeridos por los animales son excretados de regreso al pasto en forma de heces y orina (Bhling, 2.006). En principio, se liberan más fácil los minerales que los de la paja bruta, porque el estiércol ha sufrido ataques químicos y físicos durante el tránsito intestinal (Lumaret, 2.005). En general el bolo fecal es descompuesto físicamente por la acción de las lluvias y el pisoteo animal, biológicamente, por la acción de los escarabajos estercoleros, hongos, bacterias, lombrices del suelo, hormigas y termitas, o permanece intacto por largo periodo, lo que favorece las pérdidas del N por la volatilización de la urea, la principal forma de N en las heces (Bhling, 2006). No obstante, el funcionamiento del ecosistema se mejora por el reciclaje de nutrientes rápido de los excrementos cuando éstos son desmenuzados y enterrados por los insectos coprófagos (Lumaret, 2.005).

La persistencia de las boñigas sobre el suelo puede tener consecuencias diversas. Principalmente inmovilizan la materia orgánica y una fracción no despreciable de

elementos minerales. Pero cuando las boñigas son enterradas bajo una forma fraccionada, contribuyen a modificar la estructura del suelo aumentando la estabilidad y capacidad de retención del agua en beneficio de la vegetación que aprovecha la mineralización rápida de esta materia orgánica (Lumaret, 2.005).

4.1.1.1 EL PAPEL DE LOS INVERTEBRADOS DEL SUELO

Los excrementos depositados en el suelo ocupan una cierta superficie. Esta puede ser considerable si las boñigas se acumulan, disminuyendo directa o indirectamente la superficie del pastizal. En este contexto, el papel de los insectos coprófagos (esencialmente coleópteros y dípteros) se presenta como fundamental, en particular cuando existe una masa importante de estiércol depositada por el ganado vacuno. ((Lumaret, 2.005).

Los escarabajos coprófagos participan más activamente en el desmenuzamiento, la fragmentación y el transporte vertical de los excrementos, en la medida en que estos organismos están activos durante una gran parte del año. También las lombrices de tierra contribuyen al enterramiento, pero su acción es más determinante en las regiones templadas y frías. El enterramiento de las boñigas por los insectos conduce a un enriquecimiento de los horizontes edáficos subyacentes, lo que estimula las poblaciones de microartrópodos del suelo, en particular de colémbolos y ácaros. Este manejo debido al enterramiento en los ecosistemas de pastizal, generalmente, aumenta de una manera significativa la relación bacterias/hifas, favorece el desarrollo de bacterias amoniacales que aceleran el reciclaje de la materia fecal y de esta forma la circulación del nitrógeno. Los desplazamientos activos de la mesofauna edáfica hacia la fuente de atracción contribuyen a acelerar los procesos de mineralización de los excrementos. En efecto, los

microartrópodos aprovechan las galerías abiertas por los insectos coprófagos para colonizar y transformar los excrementos en un anexo epigeo del suelo. Estos insectos transportan pasivamente los conidios adheridos a sus tegumentos y enriquecen el interior de las boñigas con microorganismos de origen telúrico (Lumaret, 2.005).

4.1.2 ESCARABAJO ESTERCOLERO

La mayoría de las especies de los escarabajos coprófagos pertenecientes a las Subfamilias Scarabaeinae, Geotrupinae y Aphodiinae de la Familia Scarabaeidae, utilizan principalmente el estiércol animal para su alimentación tanto para adultos como para estados inmaduros y reproducción (Flota, et al., 2.012). Al ser la fuente de alimento, sirve de lugar de reunión para que los adultos se congreguen, formen parejas, copulen y nidifiquen (Cruz, 2.011). La larva resultante de éste huevo se alimentará de heces del bolo formado hasta el estadio adulto, cuando sale para completar su ciclo biológico (Bhling, 2.006). Este comportamiento reproductor se relaciona directamente con el de alimentación. Los llamados cavadores o paracópridos separan porciones de estiércol que después llevan por debajo de la boñiga, en galerías hechas por los mismos escarabajos hasta el fondo donde elaboran su nido. Los llamados escarabajos rodadores o telocópridos cortan y modelan olas de estiércol que después empujan con sus patas traseras hasta cierta distancia para después enterrarla, consumirla o bien hacer un nido. Los escarabajos moradores o endocóprodos no relocalizan el alimento, sino que permanecen dentro o por debajo de él, donde ponen sus huevos sin hacer nidos. La mayoría de las especies de *Scarabaeinae* y todas las de *Geotrupinae* son cavadoras,

mientras que todas las rodadoras son *Scarabaeinae* y todas las moradoras pertenecen a los *Aphodiinae* (Cruz, 2.011).

Son un grupo clave para la sustentabilidad de los pastizales, ya que participan activamente en el reciclaje de nutrientes en el suelo, incorporando la materia orgánica en descomposición o de desecho producida por animales vertebrados (Basto, et al., 2.012). Con esto, reducen la pérdida de elementos nitrogenados en las áreas de producción de forraje (potreros) y contribuyen a incrementar la fertilidad del suelo al acelerar la incorporación del estiércol al ciclo de nutrientes, también dispersan algunos tipos de semillas y, por consumir el estiércol, contribuyen a controlar poblaciones de especies que usan el mismo sustrato, como son la mosca del cuerno (Bañuelos, 2.012).

Adicionalmente, intervienen como agentes de control biológico de nematodos gastrointestinales y de larvas de algunos dípteros perjudiciales para el ganado que cumplen su ciclo de vida en las excretas. Los *Scarabaeinae* presentan amplia distribución geográfica y pueden llegar a colonizar una gran variedad de hábitats, son abundantes y diversos en regiones tropicales; dicha diversidad decrece en regiones con bajas temperaturas hasta estar ausentes en regiones frías. Se conocen alrededor de 6 000 especies y 200 géneros de escarabajos estercoleros en el mundo, concentrándose una buena parte en la zona tropical con cerca de 1 300 especies y alrededor de 70 géneros (Basto, 2.012).

4.1.2.1 EL PAPEL DE LOS ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA MOSCA DE LOS CUERNOS Y DE LOS PARÁSITOS GASTROINTESTINALES DE LOS BOVINOS.

El bolo fecal de herbívoros es medio de desarrollo de varios organismos nocivos para la agropecuaria, tales como larvas parásitos gastrointestinales de bovinos y diversas moscas indeseables, dentro de las cuales está la mosca de los cuernos, plaga que ha causado serios problemas a la agropecuaria bovina en el continente americano (Bhling, 2.006).

Su principal daño está relacionado con el stress que causa a los animales, no solo por la pérdida de sangre, sino por la inquietud generada al tratar de liberarse de ellas, con gasto de energía, menos tiempo de pastoreo e ingestión de agua. Con esto se ha reducido la producción de carne y leche. El control biológico es hecho a través de los escarabajos coprófagos los cuales entierran los bolos fecales, y son acarreados junto a huevos y larvas de moscas para el interior del suelo, dificultando la supervivencia, de la misma forma cuando se alimentan, causan daños a los huevos de las moscas (Bhling, 2.006).

La biodiversidad de la fauna coprófaga disminuye cuando se realizan actividades agropecuarias que alteran la dinámica de la descomposición del estiércol, por ejemplo, la aplicación de antihelmínticos para controlar afecciones parasitarias del ganado. Los productos basados en ivermectina son potencialmente tóxicos, por su persistencia en el estiércol, llegando a limitar la supervivencia de los escarabajos estercoleros. Asimismo, las especies nativas de escarabajos parecen ser las más afectadas, debido a que las especies introducidas tienen una mayor capacidad de adaptación a diferentes hábitats.

El estiércol con residuos de ivermectina tiene una degradación más lenta, al ser afectada la colonización por escarabajos y otros organismos como colémbolos y ácaros que pasan una parte de su ciclo biológico en el estiércol y que son indispensables para mantener el funcionamiento de los agroecosistemas. En Australia, Estados Unidos, Canadá, España y Dinamarca, la presencia de ivermectina, moxidectina y doramectina en el estiércol bovino disminuyó las tasas de emergencia de adultos de los escarabajos *Onthophagus*, *Copris*, *Euoniticellus*, *Onitis* y *Aphodius*, retrasó el desarrollo de *Euoniticellus fulvus* y disminuyó la fecundidad de hembras. En Sudáfrica, se ha demostrado que la utilización de ivermectina ha reducido la diversidad de especies de escarabajos y dípteros. En Sudamérica, la presencia de ivermectina en estiércol de bovinos tratados subcutáneamente ocasionó reducciones en las poblaciones de juveniles de dípteros, ácaros, adultos y larvas de escarabajos (Iglesias, et al., 2.006).

4.1.2.2 MÉTODOS DE COLECTA DE ESCARABAJOS COPRÒFAGOS

Existen diferentes metodologías de captura para escarabajos coprófagos, van desde la colecta manual, hasta trampas mecánicas muy sofisticadas que funcionan de manera automática. Entre todas ellas las más empleadas y que aparecen referenciadas con mayor frecuencia en la bibliografía son las trampas de caída, conocidas popularmente como trampas *pitfall*, las cuales, son del tipo que presentan un atrayente o cebo (Acosta, 2.009). Son trampas de intercepción para captura de artrópodos de hábito caminador, han sido muy utilizadas para estudios de diversidad de artrópodos en diferentes ecosistemas debido a su efectividad y simplicidad. Con ellas se pueden obtener datos sobre ocurrencia estacional, patrones de distribución espacial; posibilitan realizar estudios sobre actividad de plagas, comparación de abundancia relativa en diferentes

hábitats, riqueza de especies, entre otros. Es un método relativo de estimación y no puede ser empleado para estimar tamaños de poblaciones absolutos o riqueza total de especies de un área. Se pueden obtener índices para comparar riqueza de especies en varias áreas, para conocer la diversidad de organismos en una zona determinada o para capturar ciertas especies o grupos difíciles de hacerlo con otros métodos (Boito, 2.009).

En las trampas *pitfall* existen tres factores importantes que afectan la colecta:

1. El tipo de cebo
2. La cantidad de cebo
3. El nivel de aireación del cebo

Se ha demostrado que la existencia de corrientes de aire afecta la defectibilidad de las trampas por parte de los escarabajos, puesto que estos ubican el excremento gracias a su sentido del olfato (Acosta, 2.009).

4.1.2.2.1 Factores asociados con la efectividad de las trampas pitfall

Las trampas *pitfall* presentan varias ventajas comparativas frente a otras trampas, como son: bajo costo, utilidad para coleccionar variedad de grupos, fácil manipulación y montaje en campo, capacidad de reutilización y posible uso en cualquier ambiente, lo que las ha convertido en las trampas más utilizadas para coleccionar escarabajos (e invertebrados en general) (Acosta, 2.009).

4.1.2.2.2 Protocolo de montaje de las trampas pitfall

Consiste básicamente de un recipiente abierto que se coloca enterrado con su abertura a ras del suelo. Colgando o de alguna otra forma colocado sobre el recipiente se sitúa el cebo (excremento de bovino), aproximadamente 1 a 10 cc, estos se colocan en un

recipiente abierto o envueltos en un trozo de tela poco densa o gasa para hacer vendajes, de tal forma que el olor salga fácilmente y sea acarreado o dispersado aún por el viento leve (Solis, 2.000).

4.1.3 LACTONAS MACROCÍCLICAS

Desde que se inició su comercialización en 1981, la ivermectina (IVM) ha sido ampliamente utilizada en explotaciones de rumiantes, suídos y équidos, así como en animales de compañía, debido a su amplio espectro de acción (García, 2.011). Son endectocidas eficientes en el control de endo y ectoparasitos. Las avermectinas (AVMs) (ejemplos: ivermectina, IVM; doramectina, DRM; eprinomectina, EPM; abamectina, ABM) y milbemicinas (MBNs) (ejemplo: moxidectina, MXD) (Rodríguez, et al., 2.010) son un grupo de antihelmínticos pertenecientes a la familia de las LM (Pincheira, 2.005). Son activas para el control de nematodos y artrópodos a dosis bajas en la mayoría de los animales domésticos. Se absorben por todas las vías debido a su alta liposolubilidad y se distribuyen ampliamente en los tejidos, tales como la luz intestinal, grasa y piel. Las LM producen su efecto antiparasitario al incrementar la permeabilidad de la membrana celular por los iones de cloro (Cl⁻), con la consecuente hiperpolarización y parálisis de la musculatura faríngea y somática de los parásitos (Rodríguez et al., 2.010).

Las AVMs son una familia de lactonas macrocíclicas de 16 carbonos, aisladas del actinomiceto *Streptomyces avermitilis*, poseen una potente actividad antihelmíntica y endectocida (Pincheira, 2.005).

4.1.3.1 Propiedades físico-químicas. Las AVMs son compuestos no polares insolubles en agua, que poseen un alto peso molecular y son altamente lipofílicos, lo que determina que se disuelvan en la mayoría de los solventes orgánicos. La elevada y sostenida eficacia de los fármacos tipo avermectinas sobre parásitos, internos y externos, está basada en sus características de alta afinidad por el tejido graso que dan lugar a una amplia distribución tisular y a una prolongada permanencia de estos fármacos en la circulación sistémica, producto de su liberación desde el tejido graso que actúa como depósito. Se designa como ivermectina a aquel producto químico que contiene por lo menos 80% de 22.23-dihidroavermectina B1a y no más de 20% de 22.23-dihidroavermectina B1b (Pincheira, 2.005).

4.1.3.2 Métodos de detección. Las avermectinas pueden detectarse en bajas concentraciones en el plasma sanguíneo, heces y en diversos tejidos (músculo, hígado) mediante la utilización de variadas técnicas. La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), es una de las técnicas más sensibles para la detección de fármacos y se basa en la formación de un derivado fluorescente de la sustancia en análisis (Pincheira, 2.005).

4.1.3.3 Propiedades farmacológicas. El mecanismo de acción de las lactonas macrocíclicas no se ha determinado completamente. Se cree que tiene gran relación con el ácido gama-aminobutírico (GABA), neurotransmisor que participa en la transmisión de las señales nerviosas de los parásitos. Las lactonas macrocíclicas producen una mayor liberación del neurotransmisor GABA, por tanto hay una mayor unión con los receptores postsinápticos, lo que conduce a la consiguiente abertura de los canales de

ion cloruro, cuya carga negativa induce un potencial de reposo, lo cual reduce la función celular causando parálisis y muerte de los parásitos.

También hay evidencias que demuestran que estos antiparasitarios afectan los canales glutamato-cloruro, independiente de GABA. En baja concentración potencian los efectos del glutamato y a altas concentraciones actúan directamente abriendo los canales glutamato-cloruro, produciendo una parálisis de la musculatura faríngea de los parásitos, los cuales mueren de inanición.

Se ha demostrado que en artrópodos las AVMs y MBNs interactúan con receptores GABA y canales de ion cloruro regulados por glutamato de una manera irreversible dosis-dependiente, produciendo un incremento en la conductancia al cloro. Los canales glutamato-cloruro identificados en artrópodos han mostrado ser independientes del GABA, siendo activados directamente por las avermectinas. La toxicidad selectiva de avermectinas y milbemicinas sobre invertebrados puede estar asociada con sus características farmacocinéticas (Mackellar y Benchaoui, 1.996), demostraron que las avermectinas se distribuyen muy poco hacia el sistema nervioso central (SNC), debido a la selectividad de la barrera hematoencefálica que dificulta la entrada de estos compuestos. Sin embargo, cabe señalar que los neonatos, que tienen su barrera hematoencefálica inmadura, presentan una mayor sensibilidad a la acción tóxica de estos fármacos.

Los endectocidas tienen una alta selectividad por los parásitos, ya que se requieren bajas concentraciones del fármaco para estimular los canales de ion cloruro, en cambio, para estimular el GABA en el cerebro de los vertebrados se necesitan altas concentraciones. Además en mamíferos no se han descubierto canales glutamato-cloruro sensibles a

ivermectina pudiendo ésta ser otra razón para la selectividad de estas drogas endectocidas.

Se ha demostrado que ivermectina mantiene una excelente potencia y un amplio margen de seguridad, puesto que no se han observado signos de toxicidad en vacas y en equinos con dosis 30 veces la recomendada.

Las dosis terapéuticas están en el rango de ug/Kg de peso vivo, lo que confiere un amplio margen de seguridad, sin embargo, cuando se administran en dosis de mg/Kg se ha descrito neurotoxicidad. Los signos de intoxicación son similares en la mayoría de los mamíferos y se expresan generalmente como ataxia, temores y depresión que conlleva a la muerte (Pincheira, 2.005).

4.1.3.4 Espectro de actividad. La eficacia de un antihelmíntico depende de una concentración tóxica del fármaco que se presente al parásito por un tiempo suficiente para producirle un daño irreversible o para “desprenderlo” de su sitio de localización. La presencia de droga/metabolitos activos en el sitio de acción por periodos prolongados de tiempo resulta en una elevada eficacia clínica.

Ivermectina es activa sobre un amplio rango de nemátodos y sobre distintos estados de desarrollo, cualidades especialmente importantes en el tratamiento de parásitos de los animales domésticos. Actúa sobre las superfamilias *Trichostrongyloidea*, *Strongyloidea*, *Spiruroidea*, *Filaroidea*, *Trichuroidea*. En casi todas las instancias, este producto actúa sobre las fases inmaduras de los parásitos, incluso sobre formas hipobióticas alojadas en los tejidos. Se le describe además como un antihelmíntico de alta potencia, siendo necesarias dosis mucho más pequeñas que las de otros antiparasitarios para ejercer su acción.

En bovinos, las avermectinas han demostrado ser muy efectivas contra estados larvales, hipobióticos y adultos de la mayoría de los nemátodos gastrointestinales que afectan al ganado, además de poseer una excelente actividad contra parásitos externos (Pincheira, 2.005).

4.1.3.5 Propiedades farmacocinéticas. Un adecuado conocimiento de las características farmacocinéticas de los endectocidas genera la base para la implementación de programas de control de parásitos gastrointestinales y pulmonares. Hay una estrecha correlación entre el comportamiento farmacocinético y la eficacia para los diferentes grupos de antihelmínticos; por eso para que un antiparasitario realice su acción y efecto, debe ser liberado de su formulación, absorbido y transportado por la circulación hasta el sitio de localización del parásito. En el plasma, una fracción del fármaco se une reversiblemente a las proteínas y la otra fracción experimenta simultáneamente un proceso de distribución tisular, metabolismo y eliminación.

La duración de la acción antiparasitaria depende de cuán lipofílica sea la molécula, de la formulación, la ruta de administración y de las especies parasitarias presentes en el animal.

Después de la administración parenteral estos compuestos se almacenan en el tejido graso desde donde se liberan lentamente, se metabolizan en una muy baja proporción y se excretan principalmente bajo su forma activa a través de las heces. Variaciones individuales en eficacia y periodo de protección reflejan diferencias en la distribución, metabolismo y excreción del fármaco (Pincheira, 2.005).

4.1.3.6 Formulación. Para ejercer su actividad, el antiparasitario debe ser liberado de su formulación, absorbido, transportado vía circulación y distribuido hasta su sitio de acción; simultáneamente es metabolizado y eliminado del organismo.

La formulación del medicamento determina la ruta de administración, lo cual influye en la biodisponibilidad y en la persistencia del fármaco en el cuerpo. Por ejemplo, la ivermectina en formulación no acuosa es administrada vía subcutánea en bovinos y alcanza su concentración plasmática rápidamente (Pincheira, 2.005).

4.1.3.7 Vías de administración. Es un fármaco muy liposoluble y poco hidrosoluble, por lo que se puede aplicar por todas las vías, siendo las más recomendadas la SC, intramuscular (IM) y tópica (“pour-on”) (Rodríguez, 2.010). En bovinos existen diferencias cinéticas al comparar la ruta subcutánea e intramuscular para IVM, obteniéndose valores mayores de área bajo la curva (ABC) para la vía subcutánea debido a un retraso en el fenómeno de absorción..

En la administración oral de ivermectina en rumiantes, la disponibilidad sistémica es baja comparada con la vía de administración subcutánea. La baja disponibilidad se atribuye al metabolismo o degradación de la droga en el rumen.

Las preparaciones inyectables y pour-on tienen períodos de protección que varían entre 7 y 42 días para los parásitos pulmonares, 7 y 35 días para los nematodos del estómago. La formulación en bolo de liberación sostenida para administración oral o intraruminal de ivermectina proporciona la protección contra gusanos gastrointestinales y pulmonares por 135 días (Pincheira, 2.005).

4.1.3.8 Distribución. Luego de absorberse las Avermectinas son ampliamente distribuidas en el organismo, concentrándose mayormente en grasas, hígado y bilis (Pincheira, 2.005).

4.1.3.9 Metabolismo y excreción. Las Avermectinas se absorbe totalmente en el sitio de aplicación, en el intestino alcanza niveles elevados en muy corto tiempo (Aparicio, 2.011); se biotransforman principalmente en el hígado y las grasas, generando compuestos levemente más polares que el fármaco original (Pincheira, 2.005). Es de amplia distribución en los líquidos corporales y se mantiene por períodos prolongados. En el contenido gástrico se observa la menor concentración y en gran cantidad en el moco y contenido intestinal. El volumen de distribución indica que se localizará en diferentes tejidos incluyendo la piel. Tiene una vida media terminal larga en la mayoría de las especies. Es metabolizada en el hígado por vía oxidativa. Se biotransforma por procesos de hidroxilación en rumen, estómago o intestino. (Aparicio et al., 2.011)

La Ivermectina se elimina primariamente como droga activa y en parte como un derivado hidroxilado. Se excreta en altas concentraciones en la bilis tanto de ovinos como bovinos logrando altas concentraciones en el contenido duodenal e ileal (Pincheira et al., 2.005).

En bovinos, aproximadamente el 90% de la dosis de ivermectina inyectada es excretada en las heces durante los 35 días siguientes al tratamiento; el 98% se elimina sin modificaciones por las heces con menos de un 2% eliminado por la orina (Pincheira, 2.005).

En un estudio comparativo del perfil de excreción fecal de ivermectina y moxidectina, después de la administración oral en equinos, se demostró que esta última tiene una

excreción más prolongada (alrededor de 75 días), a diferencia de IVM que tuvo una excreción de alrededor de 40 días, por lo que IVM tendría una persistencia menor, además el 90% de IVM se excreta en las heces durante los 4 días posteriores al tratamiento, logrando su concentración máxima de 2.5 mg/Kg a los dos días y medio en cambio moxidectina el 90% de excreción se alcanzó a los 4 días (Pincheira, 2.005).

4.1.3.10 Impacto ambiental

Tras la euforia inicial derivada de su llegada al mercado, comenzaron a detectarse ciertas consecuencias indeseables que restringieron ligeramente el uso de la IVM a animales no gestantes, no lactantes y no productores de carne y leche para consumo humano, y así mismo se detectaron problemáticos efectos secundarios sobre el ecosistema (García, 2.011). La Ivermectina causa un daño al medio ambiente a través de su excreción directa en las heces, orina y la eliminación inadecuada de frascos vacíos, dentro de los efectos dañinos se encuentran: daño a los insectos coprófagos, ecosistema de pastizal y factores edáficos (Aparicio, 2.011).

Como indica la FAO (1.987), todos estos compuestos deben ser considerados como productos potencialmente tóxicos para el hombre, los animales y el medio, por lo que es necesario mantener un cuidado especial en su aplicación y en la eliminación de sus residuos, de acuerdo siempre a la legislación vigente, tanto nacional como supranacional (García, 2.011).

El efecto ambiental de los endectocidas es de especial relevancia, ya que afecta a la fisiología, reproducción y población de los organismos vivos, fundamentalmente organismos del suelo (insectos coleópteros y dípteros, mesofauna edáfica y lombrices) y acuáticos (peces, algas).

Los insectos coprófagos, en particular, favorecen de forma indirecta la actividad de las bacterias que mineralizan la materia orgánica (Pincheira, 2005). La IVM produce la muerte de varias especies de escarabajos coprófagos (paracopridos, telecopridos, endocopridos) que utilizan las heces de los bovinos para su anidación, reproducción y alimentación. La presencia de ivermectina en el estiércol aumenta en un 68 % la atracción hacia los escarabajos (Bañuelos, 2012).

Las boñigas de los animales tratados con ivermectina pueden ser más atractivas que aquellas de los animales no tratados, lo que aumenta los factores de riesgo para los insectos coprófagos. En efecto, el olor de las boñigas de animales tratados es más intenso, sin duda debido al hecho de que después del tratamiento hay una liberación de una cantidad importante de aminoácidos en los excrementos. Los análisis muestran que en las boñigas de los animales tratados la concentración de ácido glutámico y de ácido aspártico aumenta hasta el 4º día después del tratamiento, después la concentración disminuye drásticamente. Las concentraciones en histidina y metionina aumentan regularmente durante 7 días. La alanina, la valina y la leucina presentan sus más altas concentraciones entre los 4 y 7 días, mientras que la prolina presenta un pico muy importante durante todo el periodo de atracción de los insectos (Lumaret, 2005).

La principal función de estos coleópteros radica en la incorporación de las heces al suelo al brindar servicios ecológicos de gran valor en los ecosistemas de pastizales, ya que la producción forrajera depende estrechamente del reciclaje de la materia orgánica producida y de la cantidad de elementos minerales disponibles (Rodríguez, 2010).

Aproximadamente el 90% de la dosis administrada por la inyección se excreta durante los 35 días que siguen el tratamiento (Pincheira, 2005), pueden ser altamente tóxicos para los insectos coprófagos y perturbar el normal funcionamiento de los pastizales, con

las enormes repercusiones que eso puede conllevar. En esa situación, las heces representan una cantidad de materia considerable de aporte, ya que un ovino adulto produce alrededor de 350 g de heces en peso seco diariamente (humedad relativa del 70%). Los efectos ecotóxicos de la ivermectina sobre la fauna de invertebrados no blanco tienen repercusiones sobre la ecología de los pastizales. En invierno, en el campo, la ivermectina que se encuentra en los excrementos del ganado y en el suelo se degrada muy lentamente, con una duración de vida media de la molécula que varía entre 90 y 240 días. Por el contrario la ivermectina es degradada rápidamente en verano, con una duración de vida media que varía entre 7 y 14 días (Lumaret, 2.005).

El futuro ambiental de estos excrementos (y en definitiva, el del ecosistema que los recibe) está ligado a la naturaleza de los organismos encargados del reciclaje y descomposición. Toda esta problemática está patente en la IVM, pues a nivel sistémico actúa a muy bajas concentraciones y su elevada persistencia en el organismo permite la protección del animal durante varias semanas. Aquí radica el principal problema para la fauna no diana, ya que una parte del producto que haya sido administrado al ganado lanar se verá eliminado progresivamente con las heces de los animales tratados, llegando al ecosistema, y afectando gravemente a la fauna. De hecho, se ha visto que la IVM muestra efectos sobre la reproducción, funciones biológicas y de supervivencia de organismos terrestres y acuáticos no diana (García, 2.011).

Se ha demostrado que las heces de animales tratados con Ivermectina se degradan más lentamente que las heces de animales no tratados, ejerciendo un efecto nocivo sobre los organismos que colonizan las bostas de los animales tratados, como dípteros y coleópteros. Como consecuencia se puede alterar gravemente la ecología de la pradera por alteración en el reciclaje de los nutrientes (Pincheira et al., 2.005).

Insectos coprófagos. Esto concierne en particular a los coleópteros, dípteros coprófagos y lombrices. La Ivermectina conserva toda su eficiencia insecticida durante un largo período y se ha demostrado que los insectos coprófagos podrían intoxicarse si consumen boñigas de animales tratados 40 días antes. El Escarabajo estercolero (*Geotrupes stercorarius* L.) ve afectada su función, y es que se pierden menos nutrientes arrastrados por los canales de agua y se logra una mejora en la penetración del agua en el suelo lo que devuelve los nutrientes al nivel donde puede ser aprovechado por las raíces del pasto.

Dípteros. Entre los dípteros se encuentran las moscas que se encargan de la descomposición de animales muertos, también encontramos a insectos que polinizan los cuales son intoxicados por residuos de ivermectina encontrados en los pastos y ríos por causa de las heces y la orina.

La lombriz de tierra se alimenta de tierra, enriquece el suelo porque fija nutrientes y oxígeno, así desempeña un papel importante en la ecología del suelo. (Aparicio et al., 2.011)

El ecosistema de pastizal depende del reciclaje de la materia orgánica producida y de la cantidad de elementos disponibles que se encuentran en las boñigas, éstas están compuestas por elementos orgánicos ya transformados, si no se da la degradación se inmoviliza la materia orgánica y los elementos minerales, la estructura del suelo no se modifica para la retener el agua necesaria para la vegetación. Los principales factores edáficos que se ven afectados son la composición química del suelo por la muerte de los insectos coprófagos, ya que se disminuye el nitrógeno necesario para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Aparicio, 2.011).

4.2 MARCO HISTÓRICO GEOGRÁFICO

4.2.1 ALTIPLANO BOYACENSE

El altiplano boyacense constituye la zona con alta densidad poblacional, probablemente desde la misma época prehispánica, debido a sus condiciones climáticas y la riqueza de su oferta ambiental. Por este mismo motivo es también una de las zonas con mayor transformación ecológica.

El altiplano boyacense está caracterizado por un conjunto de agroecosistemas y ecosistemas silvestres donde predominan ampliamente los primeros, debido a la historia de ocupación e intervención del territorio. Existen diferencias muy marcadas en el grado de afectación de los distintos ecológicos, lo que ha resultado en un mosaico de paisajes donde se desconoce en gran parte el estado real de la biodiversidad y los efectos que implica en la región (Baptiste, 2.004).

4.2.1.1 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

El Departamento de Boyacá se halla comprendido dentro de las siguientes coordenadas: desde los 4° 39' de Latitud Norte (enclave sobre el Río Guavio en límites con el Departamento de Cundinamarca), hasta los 7° 08' de Latitud Norte (enclave sobre el Río Cobugón en límites con el Departamento de Santander). Desde 71° 56' al Oeste del meridiano de Greenwich, (en la desembocadura del Río Bojaba en el Arauca), hasta 74° 38' al Oeste de Greenwich, (en la desembocadura del Río Negro en el Magdalena). Su

extensión superficial de 23.189 Km², la cual representa el 2% de la extensión total del país.

Políticamente está integrado por 123 Municipios y 10 Corregimientos distribuidos en 12 provincias.

Desde el punto de vista orográfico, el territorio departamental presenta diferencias bien marcadas debidas a su ubicación en la región andina, parte centro-oriental del País; dispone de parte de la zona de tierras planas del valle medio del Río Magdalena, la Cordillera Oriental lo atraviesa de suroeste a noreste, lo que le otorga una topografía compleja, que origina 6 regiones fisiográficas, con características diferentes entre sí, las cuales se describen a continuación de Occidente a Oriente:

- a. Valle Medio del Magdalena: Esta región se encuentra ubicada en el extremo occidental del departamento, y se halla comprendida entre el Río Magdalena y la vertiente occidental de la cordillera oriental, es una zona baja y selvática con alturas no mayores a los 500 m.s.n.m., denominada Valle Medio Magdalenense o Territorio Vásquez.
- b. Región de Otanche o Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Está constituida por un terreno quebrado y de bastante minería como quiera que en ella se encuentran las principales explotaciones de esmeraldas. Está limitada al oriente por el Valle de Chiquinquirá conformado por terrenos planos o levemente ondulados.
- c. La subregión de Monquirá – Ramiriquí: Se presenta al oriente de la anterior y se caracteriza por presentar un relieve bastante quebrado.

- d. La Altiplanicie Central: localizada al oriente de la anterior, hace parte del altiplano Cundi-Boyacense. Este altiplano en el departamento de Boyacá no constituye una meseta continua sino que se caracteriza por una serie de valles escalonados, alternados con montañas cuyas elevaciones sobre el nivel del mar oscilan entre 2.650 y 2.800 metros. En este sentido el altiplano está formado por la meseta de Tunja, los valles de Santa Rosa de Viterbo, Belén, Sogamoso, Corrales, Floresta y Paz de Río y las regiones de Susacón y Soatá, donde se estrecha hasta desaparecer.

- e. El Cordón Magistral de la Cordillera Oriental: Al Este de la Altiplanicie Central, aparece el Cordón Magistral de la Cordillera Oriental que presenta alturas hasta de 5.495 m.s.n.m. en el alto de Ritacuba, en la Sierra Nevada de El Cocuy. En este sector nacen numerosos ríos que van a tributar a las cuencas del Magdalena y el Orinoco.

- f. La Vertiente Este de la Cordillera Oriental: área compuesta por terrenos quebrados y escarpados denominada también Piedemonte Llanero, en la cual, los ríos han modelado una serie de valles estrechos, donde se han depositado gran cantidad de sedimentos muy heterogéneos, que han originado depósitos en forma de conos o depósitos de derrubio, aluviales y torrenciales de edad Cuaternario. Las pendientes en esta vertiente, generalmente son pronunciadas, mayores de 30° (Flechas, 2.010).

4.2.1.2 GEOLOGÍA

Geológicamente, el Departamento se ha dividido, en cuatro cuencas sedimentarias que de occidente a oriente se designan así:

1. Valle Medio del Magdalena,
2. Cordillera Oriental,
3. Sierra Nevada de El Cocuy y
4. Piedemonte Llanero.

Dentro de ellas y atendiendo las importantes similitudes litológicas, estratigráficas y la tectónica regional, se han establecido ocho subregiones o bloques naturales, los cuales denotan cada uno, una historia geológica muy similar (Flechas, 2.010).

4.2.2 PAIPA, BOYACÁ

4.2.2.1 El Territorio Municipal

El municipio de Paipa está localizado en el valle de Sogamoso, uno de los valles internos más importantes de la región andina, en la parte centro oriental del País y noroccidental del departamento de Boyacá a 2.525 mts sobre el nivel del mar, dista aproximadamente 184 Km de Santafé de Bogotá y 40 Km de Tunja. Su cabecera municipal se encuentra a los 5°47' de latitud norte y 73° 06' de longitud oeste.

Presenta una temperatura promedio de 13°C., con una precipitación media anual: 944 mm. Abarca una extensión de 30.592,41 hectáreas aproximadamente.

El área ocupada por el municipio, forma parte de la cuenca alta del río Chicamocha.

Morfológicamente su territorio de norte a sur, presenta tres regiones a saber: media falda con colinas y páramos al norte; un plano inclinado con aguas freáticas superficiales (utilizadas antes en aljibes) y un área pantanosa, asiento de antiguo lago, el cual hace parte del pantano de Vargas, donde brotan aguas termominerales en inusitada abundancia. La red hidrográfica está conformada por el río Chicamocha y las Quebradas Valencí y El Rosal y el Lago de Sochagota, alimentado este último por la Quebrada El Salitre o Quebrada Honda. Las tierras del área se encuentran dedicadas a ganadería extensiva y cultivos de papa, cebada, maíz, trigo, arveja, frijol y hortalizas.

En los sectores próximos a los núcleos urbanos se cultivan frutales perennes como: pera, manzana, ciruela. La ganadería esta principalmente orientada a la cría, levante y engorde de ganado vacuno, también se da en menor escala la explotación de ganado lechero. Además existen explotaciones de ganados lanar y porcino y aves de corral.

En jurisdicción del municipio se encuentran excelentes instalaciones turísticas y hoteleras que son visitadas anualmente por miles de turistas, tanto nacionales como extranjeros (Secretaría de planeación de Paipa, 2.013).

4.2.2.2 LA DIVISION TERRITORIAL MUNICIPAL

Paipa pertenece a la provincia de Tundama y forma parte del corredor industrial de Boyacá. Limita por el norte con el departamento de Santander, por el oriente con los municipios Tibasosa y Duitama; por el sur con Firavitoba y por el occidente con Sotaquirá y Tuta.

4.2.2.2 .1 Sector Urbano y Rural

El municipio presenta como divisiones administrativas el sector urbano determinado por el perímetro urbano (acuerdo municipal No. 064 de 1995) con veinte (20) barrios y un área total de 332,020 Has; el sector rural el cual está conformado por treinta y ocho (38) veredas comunales (acuerdo municipal No. 058 de 1.995) y los corregimientos de Palermo, con un área de 30.592,407 Has. La zona rural del municipio corresponde al 98 % de total del territorio (Secretaria de planeación de Paipa, 2.013).

4.2.2.3 SECTORES DE LA PRODUCCIÓN

En la estructura económica regional, Paipa participa ampliamente con diversos productos en cada uno de los sectores económicos. El valor agregado de estos productos no solamente ha permitido una diversificación intrínseca, sino también es fuente de ingresos de numerosas familias que fomentan la cultura de productos característicos del municipio.

En el sector industrial, la producción de energía y la metalmecánica, son los de mayor importancia a nivel económico y los que se deben considerar en el ámbito del impacto ambiental; igualmente, existen en el municipio diversos sectores de producción en el área manufactura, grupos de artesanos, confección de ropa y elaboración de insumos y productos alimenticios.

En el sector comercio y servicios, su mayor aporte está representado en las actividades que genera la industria hotelera: servicios de hospedaje, transporte, infraestructura para la recreación y el descanso, entre otros. El desarrollo comercial está basado

principalmente en la oferta de bienes de primera necesidad y desde luego el comercio de artesanías que está altamente relacionado con la actividad turística (Secretaría de planeación de Paipa, 2.013).

4.2.3 GRANJA TUNGUAVITA (ÁREA EXPERIMENTAL)

Como Unidad de Apoyo Académico adscrita a Vicerrectoría Académica mediante Acuerdo 038 del 30 de julio del 2001, está situada en el Municipio de Paipa (Boyacá) a una altura de 2.480 m.s.n.m. La cual fue donada por el Departamento de Boyacá a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia mediante escritura No. 1642 del 12 de diciembre de 1963 con el compromiso de fin específico de que la institución organice este terreno para la realización de prácticas experimentales de la Facultad de agronomía (hoy facultad de ciencias Agropecuarias) y para los demás servicios que la docencia y la investigación de dicha facultad lo requieran.

En este momento la Granja Tunguavita en la parte académica tiene relación directa de prácticas académicas con estudiantes de la escuela de Ingeniería Agronómica, Escuela de medicina Veterinaria y Zootecnia y de la Escuela de Administración de empresas Agropecuarias principalmente.

En el área de investigación la Granja presta el apoyo logístico necesario para la realización de diferentes trabajos de investigación especialmente con Tesis de Grado de las Escuelas anteriormente nombradas (UPTC, 2.010).

4.2.3.1 Localización

La granja experimental Tunguavita se encuentra localizada en la vereda El Salitre, municipio de Paipa (Boyacá), con una extensión de 135 ha. Cuenta con buenas vías de acceso por encontrarse sobre la carretera Paipa-Toca. Presenta una altura: 2.480 m.s.n.m., Latitud de 0.5°45' Norte y Longitud 73°45' Oeste; de una temperatura promedio de 13,8 °C y una humedad relativa de 74%, con un régimen bimodal de lluvias que aportan 835 mm de precipitación anual (UPTC, 2.006).

4.3 MARCO LEGAL

Debido a la problemática que representan las existencias de medicamentos veterinarios bajo las características de residuo peligroso, y teniendo en cuenta que actualmente un porcentaje del 40% a nivel nacional los representa, es necesario llevar un control y seguimiento a aquellas sustancias que constituyen un peligro para la salud y el ambiente

Es así como se originó la idea de abordar esta problemática integralmente, de tal forma que se articulen las diferentes acciones y estrategias nacionales en aspectos relacionados con la protección del medio ambiente y la salud, por manejo de insumos agropecuarios (medicamentos veterinarios), incluyendo de esta forma la dimensión ambiental de manera coherente y armónica con las políticas de desarrollo agropecuario y sanitarias, de tal forma que se prevenga y se minimice la contaminación ambiental y se reduzcan los riesgos sobre la salud humana por el inadecuado manejo de estos medicamentos (Alvarado, 2.008).

4.3.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA

4.3.1.2 TITULO II De los derechos, las garantías y los deberes.

Artículo 67: La educación es un derecho de las personas y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura.

La educación formará a un colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente.

4.3.2.3 Capítulo 3 De Los Derechos Colectivos Y Ambientales

Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. El deber del Estado es proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80: El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación y restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

4.3.3 Sector Ambiental:

4.3.3.1 Ley 9 de 1.979. Esta ley es llamada Código Sanitario Nacional, a través de ella se dictan medidas sanitarias que complementan la regulación del medio ambiente y

manejo de los recursos naturales, constituyendo la base del derecho sanitario. Mediante el establecimiento de un ordenamiento jurídico único en tres áreas. Saneamiento Ambiental, atención a las personas, vigilancia y control sanitarios.

4.3.3.2 Ley 99 de 1.993. Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente y se establecen fundamentos de la política ambiental colombiana donde se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y se dictan otras disposiciones.

4.3.3.3 Ley 253 de 1.996. Aprueba el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los residuos peligrosos y su eliminación. Desecho resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos farmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducos o no aptos para el uso previsto originalmente. (Congreso de la República)

4.3.3.4 Ley 430 de 1.998. Dicta normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. (Congreso de la República)

4.3.3.5 Ley 55 de 1.993. Aprobó el “Convenio 170 y la Recomendación 177 sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo, aplicable a todas las ramas de actividades económicas en las que se utilizan productos químicos, adoptados por la 7º Reunión de la Conferencia General de la OIT, GINEBRA, 1.990. (Congreso de la República)

4.3.3.6 Decreto 2141 de 1.992. El ICA tiene como objetivo contribuir al desarrollo del sector agropecuario del país acatando los principios del desarrollo sostenible y la prevención de riesgos químicos y biológicos. (Ministerio de Agricultura)

4.3.3.7 Decreto 1840 de 1.994. Establece que la violación a las disposiciones establecidas en el Decreto en mención y demás normas que se deriven del mismo, serán sancionadas administrativamente por el ICA. (Ministerio de Agricultura)

4.3.3.8 Decreto 4741 de 2.005. Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Cap. III Responsabilidades y obligaciones en el manejo de los residuos y Cap. IV Planes de gestión post-consumo. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial)

4.3.3.9 Resolución 789 de 2.007. Por la cual se establecen obligaciones y responsabilidades en el manejo de insumos, sustancias químicas y biológicas de uso pecuario y sus residuos o desechos con propiedades o características peligrosas. (Instituto Colombiano Agropecuario)

4.3.4 Sector Político

4.3.4.1 CÓDIGO NACIONAL DE LOS RECURSOS RENOVABLES Y DE LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

4.3.4.1.1 Ley 23 1.973.

Artículo 1. Contiene los principios que dan partida a la configuración del derecho ambiental del país cuyo propósito es “prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos,

naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”

5.METODOLOGÍA

La granja experimental Tunguavita se encuentra localizada en la vereda El Salitre, municipio de Paipa (Boyacá), con una extensión de 135 ha. Cuenta con buenas vías de acceso por encontrarse sobre la carretera Paipa-Toca. Presenta una temperatura promedio de 13,8 °C y una humedad relativa de 74%, con un régimen bimodal de lluvias que aportan 835 mm de precipitación anual, UPTC, 2.006. Citado por (Vega, 2.008).

Para la ejecución y logro de los objetivos plantados se aplicó la metodología Investigativa, Descriptiva donde busca especificar las propiedades importantes de los individuos objeto de estudio. Mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar (Hernández, 1.997). Presenta dos enfoques, cuantitativo y cualitativo, donde el primero usa la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías; el segundo tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad (Dzul, 2.013). Así mismo se aplicó la metodología EIA (Metodología Para la Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental). Es una metodología que se desarrolla para la identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales del proyecto. Involucra un trabajo a dos niveles: sobre las variables características en cuestión; y sobre los factores del medio ambiente que se verán afectados.

El primer paso para la aplicación de esta metodología de evaluación de impacto ambiental, consiste en la *identificación* de los procesos físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales que pueden ser afectados por la acción propuesta.

El segundo paso es la *predicción*. Se trata de seleccionar entre los impactos identificados aquellos que efectivamente pueden ocurrir, y merecen una preocupación especial. Esto implica la tarea de desarrollar modelos para conocer el comportamiento de los mismos.

Una vez identificados estos efectos, se procede al tercer paso: la *evaluación* de los impactos, lo que significa calcular o estimar, la magnitud e importancia de cada uno. La magnitud hace referencia al volumen o al tamaño del problema en cuestión, medido o estimado con indicadores. La importancia, a su vez, es el peso, ponderación o valor que se le da a cada situación.

La serie de mediciones y estimaciones de impactos ambientales que proporciona la EIA conforma una proyección de las consecuencias de la actividad sobre el medio ambiente, que se suma a la formación y evaluación económica y social del proyecto. El conjunto constituye la imagen-futuro de la actividad de desarrollo propuesta, lo que incluye aspectos económicos, sociales, tecnológicos y ambientales (Leal, 1.998).

La experiencia de vida de cada comunidad es vital para entender las dificultades y reconocer las falencias que afectan y aumentan sus problemáticas, sin embargo es necesario que cada individuo reflexione sobre su quehacer, para sistematizar su propia experiencia y disponerse a una acción de cambio para beneficiarse o para solucionar un problema (Florián, 1.999).

La metodología utilizada permitió que la comunidad se vinculara de manera directa participando, aportando y desarrollando estrategias que modifiquen, cambien y mejoren

las condiciones de vida y de su entorno para que de esta manera se contribuyera a disminuir problemas de tipo socio- ambiental.

ÁREA DE ESTUDIO.

La etapa investigativa se desarrolló en la granja experimental Tunguavita de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; la fase analítica de las muestras para determinar las concentraciones de Ivermectina en heces se realizó en el laboratorio de análisis molecular de CORPOICA y la fase biológica y taxonómica de los escarabajos encontrados, en el laboratorio de biología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

GRUPOS EXPERIMENTALES.

Se escogieron 20 bovinos sin tener en cuenta la carga parasitaria, el peso corporal y raza. Se separarán en dos grupos de a 10 animales cada uno; el grupo I sin tratamiento y grupo II con tratamiento.

Ambos grupos se confinaron en dos potreros diferentes a los cuales se les realizó el respectivo montaje de trampas de caída para escarabajos coprófagos.

5.1. FASE 1. PREDICCIÓN

ACTIVIDAD 1. Se realizó una observación preliminar del área de estudio donde se determinó su conformación estructural, fisicoquímica de los factores abióticos y la confirmación biológica del área.

ACTIVIDAD 2. Se desarrollaron matrices de causa-efecto y de ponderación de los Impactos Ambientales de los métodos de evaluación de impactos según la GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE PROYECTOS DE DESARROLLO LOCAL (Leal, 1.998), con el objetivo de identificar los impactos ambientales generados por la problemática descrita.

5.2 FASE 2. DISEÑO Y EJECUCIÓN

ACTIVIDAD 1.

Trampas de caída

Se elaboraron y montaron trampas de caída para escarabajos coprófagos teniendo en cuenta métodos y técnicas para detectar la presencia de las especies y ayudar a determinar sus áreas de distribución y así mismo obtener datos cuantitativos (por ejemplo para estimaciones de densidad de poblaciones, índices de diversidad, etc). Se seleccionaron aleatoriamente 30 puntos de muestreo en el pastizal de cada uno de los potreros.

MUESTRAS DE ESCARABAJOS COPRÒFAGOS (DE LOS DOS POTREROS OBJETO DE ESTUDIO)

Recolección de individuos

Se realizó el conteo y la toma de datos respectivos de los individuos que fueron capturados en cada una de las trampas, se colectaron algunos escarabajos para posterior análisis taxonómico. Éstos se almacenaron en frascos con alcohol al 70 %.

Procedimiento taxonómico

En el laboratorio de taxonomía – entomología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, se realizó la identificación de los individuos colectados.

Análisis estadísticos

Se realizó un primer análisis con respecto al promedio de individuos colectados por día en las zonas donde se presentaban excretas con Ivermectina y en las zonas donde no se aplicó el tratamiento.

El segundo análisis corresponde a los tiempos de vida de los individuos objeto de estudio, en medios con y sin Ivermectina.

Se analizó la abundancia y diversidad de las especies, según las características del sustrato. Para evaluar el efecto de la ivermectina sobre la abundancia de organismos, se comprueba la normalidad de los datos con la prueba de Shapi-Wilk para cada grupo: sin y con ivermectina, el cual permite establecer el promedio de individuos, según el desparasitante por día.

Se obtuvieron los promedios de tiempo de vida para cada concentración y se realizó una prueba de chi cuadrado de bondad de ajuste para determinar si hay diferencia estadística entre los valores promedio de cada concentración.

Se realizó un análisis de varianza univariado (ANOVA) para determinar si hay o no diferencia significativa entre los promedios de horas de vida de las concentraciones.

ACTIVIDAD 2.

Tratamiento con Ivermectina

Al grupo II de individuos objeto de estudio, se le aplicó el tratamiento con Ivermectina, teniendo en cuenta los días post-tratamiento, se tomaron 20 muestras de materia fecal, las cuales fueron llevadas para ser analizadas por medio de la Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

MUESTRAS DE HECES DE BOVINOS

Recolección de muestras

Se recolectaron 20 muestras de heces directamente desde el recto, previo al tratamiento con ivermectina. Éstas se almacenaron a una temperatura de -195.8°C (Nitrógeno líquido) hasta su análisis por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Procedimientos analíticos. Según técnica descrita por Pincheira (2.005)

Las muestras obtenidas se descongelarán y el compuesto (IVM) se separó desde las heces, mediante procedimientos de extracción en fase sólida. Posteriormente se analizó la concentración de ivermectina por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detección de fluorescencia.

5.3 FASE 3. EVALUACIÓN

La evaluación fue de forma continua en cada una de las fases de desarrollo del proyecto, mediante los resultados obtenidos y el análisis de los mismos. Teniendo en cuenta estos resultados se proponen acciones de educación y gestión ambiental que ofrecen alternativas de solución para mantener y conservar las diferentes familias de Escarabajos estercoleros.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 PREDICCIÓN

6.1.1 Actividad 1. La granja experimental Tunguavita se encuentra localizada en la vereda El Salitre, municipio de Paipa (Boyacá), con una extensión de 135 ha; el área de estudio cuenta con una ha aproximadamente. Presenta una altura: 2.480 m.s.n.m., Latitud de 0.5°45' Norte y Latitud 73°45' Oeste; de una temperatura promedio de 14,3 °C y una humedad relativa de 78%, con un régimen bimodal de lluvias que aportan 737,9 mm³ / año de precipitación. (UPTC, 2.008).



Ilustración 1. *Granja experimental Tunguavita*

El empleo de Ivermectina como antihelmíntico generalmente se debe a su gran difusión en el mercado y bajo costo en comparación con otros desparasitantes.

La granja cuenta con un gran número de individuos de ganado bovino, especialmente con razas puras como Holstein, Simmental y sus cruces. Para desparasitar el ganado, en la granja, se emplea el tratamiento con Ivermectina al 1% aplicada por vía subcutánea en una dosis de 0,2 mg/kg de peso vivo.

6.1.2 Actividad 2. Matrices causa – efecto

Tabla 1. Identificación de impacto ambiental. Matriz causa - efecto

DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROYECTO.			
Jenny Carolina Moreno Morales			
ARBOL DE ACCIONES			
TRABAJO DE GRADO			
<i>FASE</i>	<i>LABOR</i>	<i>ACCIÓN</i>	<i># de la acción</i>
<i>Construcción</i>	Elaboración de anteproyecto	Revisión de bibliografía	1
		Búsqueda de artículos, revistas, tesis, etc	2
		Plan de acciones en la búsqueda del problema investigativo	3
		Redacción de propuesta	4
		Impresión	5
		Uso de equipos (computador, impresora, luz)	6
		Gasto de energía y tinta	7
<i>Explotación- operación /mantenimiento</i>	Ubicación de trampas y toma de muestras para análisis	Preparación de equipos para salida de campo	8
		Transporte para destino a las zonas de trabajo	9
		Realización de censo del lugar de zona de trabajo	10

		Elaboración de materiales y elementos para plantación de trampas pitfall	11
		Intervención en la zona de estudio	12
		Determinación de ambientales abióticos	13
		Ubicación de trampas	14
		Recolecta de muestras	15
		Preservación de las muestras en bolsas y frascos	16
	Trabajo de laboratorio	Traslado de las muestras al laboratorio	17
		Procesar muestras	18
		Paso de muestras a nuevas bolsas con preservante alcohol al 90%	19
		Estudio y análisis de las muestras	20
		Utilización de equipos para observación e identificación de individuos	21
		Determinación de muestras	22
Cierre y abandono	Plan de abandono	Retiro de trampas y limpieza del lugar de trabajo	23
		Separación, rotulación y preservación de las muestras a frascos individuales	24
		Remoción, tratamiento y disposición de residuos sólidos y líquidos.	25
		Descontaminar el equipo de ser necesario y retirarlo para usarlo en otro lugar	26

	Redacción	Análisis de resultados obtenidos	27
	de documento	Redacción de documento final	28
		Presentación de documento a jurados	29
		Sustentación de tesis	30
		Publicación en revista	31

Fuente: Leal. Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local (1998)

Tabla 2. Matriz de ponderación de la identificación de Impactos Ambientales (Leal, 1998)

PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES			Unidad de Importancia de Parámetro (UIP)		
CATEGORÍA	COMPONENTE	PARÁMETRO	Parámetro	Componente	Categoría
ECOLOGIA	Especies y poblaciones	Vegetación natural terrestre	6.5	20	40
		Especies mamíferas rumiantes	6.5		
		Entomofauna	7		
	Hábitats y comunidades	Índice de cadena trófica terrestre	6.66	20	
		Características del suelo	6.66		
		Diversidad de especies terrestres	6.66		
	CONTAMINACIÓN	Agua	Pérdida	1.45	

		hidrológica			
		DBO	1.45		
		Oxígeno disuelto	1.45		
		Carbón inorgánico	1.45		
		Nitrógeno inorgánico	1.45		
		Fósforo inorgánico	1.45		
		pH	1.45		
		Temperatura	1.45		
		Sólidos disueltos totales	1.45		
	Aire	Temperatura	2.66	13.3	
		Velocidad del viento	2.66		
		Humedad	2.66		
		Partículas	2.66		
		Otros	2.66		
	Tierra	uso del suelo	6.65	13.3	
		erosión del suelo	6.65		
ASPECTO DE INTRÈS HUMANO	Estilo de vida	Vivienda	10	20	20
		Integración social	10		

Fuente: Leal. Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local (1998)

Teniendo en cuenta el impacto ambiental causado por las Lactonas Macrosíclicas hacia el ambiente, dentro de los parámetros con más alto nivel de importancia para llegar a ser afectados se encuentran los aspectos de interés ecológico, dado a que se puede presentar erosión del suelo, pérdida de la diversidad de especies de la entomofauna coprófaga (agentes de desintegración de la materia fecal para el retorno de los nutrientes del suelo) y debido a esto el deterioro de la base principal alimentaria productiva de las especies mamíferas rumiantes.

Integrando los aspectos de interés humano a este problema, su afección estaría remitida a nivel económico dado a la baja productividad la materia prima (ganado y forrages) para su subsistencia.

6.2 FASE 2. DISEÑO Y EJECUCIÓN

6.2.1 Actividad 1.



Ilustración 2. Disposición de las trampas de caída

6.2.1.1 Trampas de caída

Se dispusieron aleatoriamente las 30 trampas de caída *Pitfall* cerca de las boñigas tanto para el potrero del ganado con tratamiento como del potrero del ganado sin tratamiento.

Los materiales empleados para la elaboración de las trampas fueron: 30 vasos plásticos de 16 onzas, los cuales fueron enterrados al nivel del suelo; 4 metros de alambre galvanizado delgado,

para disponer el cebo o atrayente; 400ml del atrayente el cual se dividió aproximadamente en 13ml para luego ser distribuido en cada una de las trampas. Como soporte del atrayente se utilizó gasa sostenida por alambres de 15cm de longitud los cuales se enteraron junto a cada vaso o trampa.

Para señalar el sitio de ubicación de cada una, se emplearon estacas de madera pintadas con rojo.

Estas trampas se fueron rotando por el sector, así mismo cambiando ya que por las pisadas del ganado o las inclemencias climáticas se enterraban o se dañaban.

6.2.1.2 Recolección de individuos



Ilustración 3. Individuos colectados

Durante el periodo experimental de recolecta de individuos, se realizaron muestreos cada 8 días por 3 meses, llevando un registros de colectas, indicando número de escarabajos y fecha de muestreo.

Algunos individuos, específicamente escarabajos se dispusieron en frascos con

alcohol al 70%, para realizar análisis de identificación de especies; los demás individuos tanto de la misma especie colectada como los no pertenecientes a los organismos objeto de estudio fueron liberados.

Las especies escarabajos encontrados, la abundancia y la fecha de colecta, se relacionan en la siguiente tabla.

CONTROL CON IVERMECTINA

Tabla. 3 Relación especies –abundancia

SEMANA	FECHA	N°IND	SP
1	14/09/2013	5	<i>Uroxys coarctatus</i>
1	14/09/2013	3	<i>Onthopagus curvicornis</i>
1	14/09/2013	12	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
2	21/09/2013	4	<i>Uroxys coarctatus</i>
2	21/09/2013	7	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
3	28/09/2013	8	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
3	28/09/2013	2	<i>Onthopagus curvicornis</i>
3	28/09/2013	12	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
4	05/10/2013	4	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
5	12/10/2013	3	<i>Uroxys coarctatus</i>
5	12/10/2013	7	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
6	19/10/2013	5	<i>Uroxys coarctatus</i>
6	19/10/2013	17	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>

7	26/10/2013	2	<i>Uroxys coarctatus</i>
7	26/10/2013	11	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
8	02/11/2013	3	<i>Uroxys coarctatus</i>
8	02/11/2013	1	<i>Onthopagus curvicornis</i>
8	02/11/2013	6	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
9	09/11/2013	2	<i>Uroxys coarctatus</i>
9	09/11/2013	9	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
10	16/11/2013	2	<i>Uroxys coarctatus</i>
10	16/11/2013	5	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>

CONTROL CON IVERMECTINA

SEMANA	FECHA	N°IND	SP
1	14/09/2013	8	<i>Uroxys coarctatus</i>
1	14/09/2013	1	<i>Onthopagus curvicornis</i>
1	14/09/2013	3	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
2	21/09/2013	7	<i>Uroxys coarctatus</i>
2	21/09/2013	2	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
3	28/09/2013	6	<i>Uroxys coarctatus</i>

3	28/09/2013	5	<i>Onthopagus curvicornis</i>
4	05/10/2013	5	<i>Uroxys coarctatus</i>
5	12/10/2013	7	<i>Uroxys coarctatus</i>
5	12/10/2013	2	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
6	19/10/2013	3	<i>Uroxys coarctatus</i>
7	26/10/2013	2	<i>Uroxys coarctatus</i>
7	26/10/2013	2	<i>Onthopagus curvicornis</i>
8	02/11/2013	11	<i>Uroxys coarctatus</i>
8	02/11/2013	8	<i>Onthopagus curvicornis</i>
8	02/11/2013	4	<i>Melinopterus femoralis.</i> <i>Subfamilia Aphodiinae</i>
9	09/11/2013	1	<i>Uroxys coarctatus</i>
9	09/11/2013	6	<i>Onthopagus curvicornis</i>
10	16/11/2013	11	<i>Uroxys coarctatus</i>

6.2.1.3 Procedimiento taxonómico

Las especies de Escarabajos recolectados en los muestreos son los siguientes:

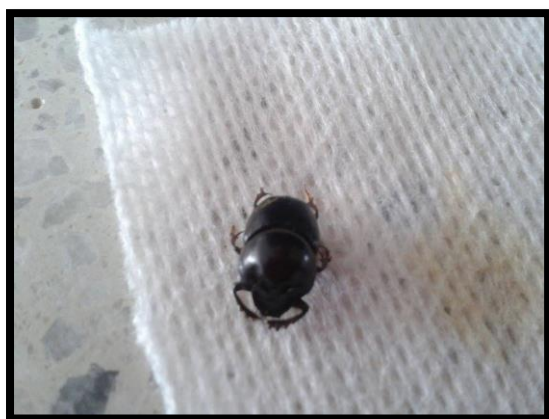


Ilustración 4. *Onthopagus curvicornis*

Epístoma de macho anguloso, con ápice redondeado o curvado, carena frontal en macho y hembra formando una línea curva, con las suturas genales largas. Color negro; superficie lisa y brillante (Medina, 2.001)



Ilustración 5. *Uroxys coarctatus*



Ilustración 6. *Margarinotus merdarius*
Familia Histeridae



Ilustración 7. *Melinopterus femoralis*.
Subfamilia Aphodiinae

Esta especie se distingue por su gran tamaño, por la presencia de un pequeño tubérculo en la frente, porque la sutura meso-metaesternal es muy estrecha, además el surco basal del pigidio arqueado (Escobar, 2.010).

Tienen el cuerpo corto y compacto, con tegumento muy duro. Su color es predominantemente negro, La cabeza está retraída en el protórax. Las antenas son cortas, acodadas y provistas de una maza terminal formada por la dilatación de los tres últimos artejos. Los élitros son más cortos que el abdomen, dejando al descubierto el pigidio. Las patas son cortas, robustas y espinosas; las alas están bien desarrolladas (Lawrence, 1.995).

La longitud del cuerpo 4,5-7,6 mm, alargados, algo aplanada, negro, élitros de color amarillo-marrón con máculas oscuras variables. La cabeza lisa, carecen de tubérculos. Clípeo que carecen de dientes, débilmente emarginada en medio,

ampliamente redondeado cada lado de marginación media, a falta de margen de setas. Pronoto carente franja lateral de setas; con la línea marginal en la base (Gordon, 2.007).

Teniendo en cuenta los individuos colectados, se pudo determinar que:

La mayor cantidad de escarabajos estercoles colectados corresponde a la especie *Melinopterus femoralis*, con un total de 109 individuos; se puede observar que la especie presentó mayor abundancia significativa en la zona de tratamiento sin Ivermectina.

Con respecto a la especie *Uroxys coarctatus*, se presentó una abundancia de 87 individuos colectados, de los cuales la mayor cantidad fue encontrada en la zona con tratamiento de Ivermectina, seguida de la especie *Onthopagus curvicornis* con un total de 30 individuos, de los cuales 22 fueron encontrados en esta misma zona según indica Bañuelos, 2012, la presencia de este desparasitante en el estiércol aumenta la atracción hacia los escarabajos de algunas especies.

En el caso de *Margarinotus merdarius* de la familia Histeridae, solo un representante de esta especie fue encontrado, en la zona sin tratamiento de Ivermectina, este fenómeno pudo haber sido por la adaptación al medio o por sus características morfológicas.

6.2.1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO NÚMERO Y ESPECIES DE INDIVIDUOS COLECTADOS.

Tabla 4. *Promedio de individuos por día según Ivermectina*

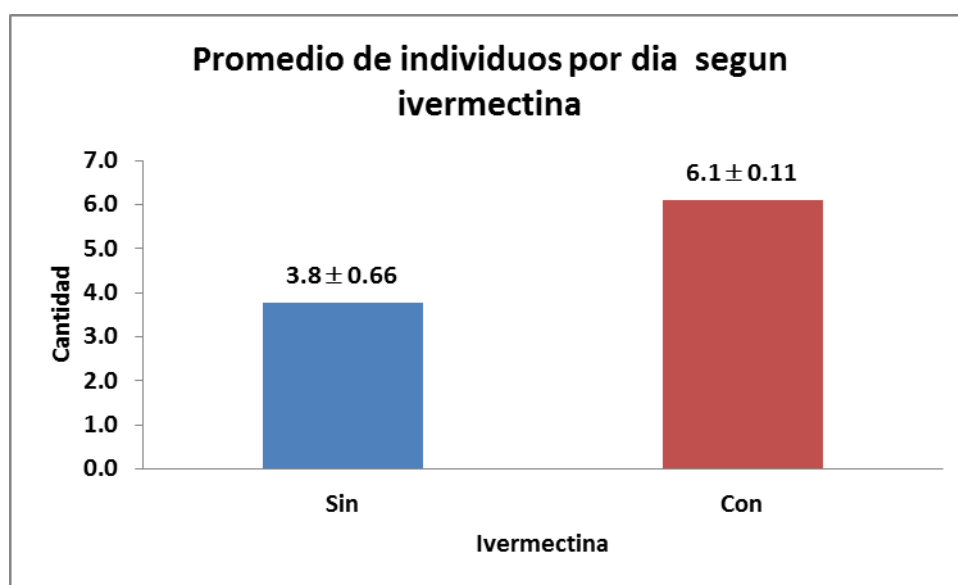
Resumen Estadístico para Col_2		
	ivermectina=Sin	ivermectina=con
Recuento	9	10
Promedio	3,77778	6,1
Desviación Estándar	1,98606	3,44642
Coeficiente de Variación	52,57%	56,50%
Error Estándar	0,662	0,10899
Mínimo	2	1
Máximo	8	11
Rango	6	10
Sesgo Estandarizado	1,53609	0,0478312
Curtosis Estandarizada	0,921813	-0,583916
Comparación de Medias para Col_2		
Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ivermectina=Sin: 13.0 +/- 4.48646 [8.51354, 17.4865]		
Intervalos de confianza del 95.0% para la media de ivermectina=con: 9.4 +/- 4.07747 [5.32253, 13.4775]		
Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias		

suponiendo varianzas iguales: 3.6 +/- 5.63041 [-2.03041, 9.23041]		
Prueba t para comparar medias		
Hipótesis nula: media1 = media2		
Hipótesis Alt.: media1 \neq media2		
suponiendo varianzas iguales: t = 1.3433 valor-P = 0.195867		
No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.		

Según la tabla 3 se puede determinar que comparando los muestreos en las zonas donde se presentaban excretas con Ivermectina y las zonas donde no se presentan, estadísticamente hablando, se comprueba la normalidad de los datos con la prueba de Shapi-Wilk para cada grupo: sin y con; se formulan las hipótesis: hipótesis nula (H_0): los datos provienen de una variable con distribución normal ($p \geq 0.05$); hipótesis alterna (H_a): los datos no provienen de una variable con distribución normal ($p < 0.05$). La serie de datos “sin Ivermectina” tiene el valor de $p=0.0849$, es decir, provienen de una variable de distribución normal; la serie de datos “con Ivermectina” tiene el valor de $p=0.6424$, es decir, provienen de una variable de distribución normal. Así, se aplica la prueba t de Student para datos independientes para determinar si hay diferencias estadísticas entre los promedios de los dos grupos. Se formulan las hipótesis: hipótesis nula (H_0): los promedios del número de individuos por día del grupo “sin ivermectina” y el grupo “con ivermectina” no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$); hipótesis alterna (H_a): los promedios del número de individuos por día para los dos grupos son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). El valor p de la prueba t ($p=0.1959$; $p \geq 0.05$; $t=1.3433$) es mayor de 0.05, lo cual indica que no hay diferencias significativas entre los

dos promedios: sin Ivermectina: 3.7 ± 0.66 , con Ivermectina: 6.1 ± 0.11 . Estadísticamente los promedios del número de individuos por día son iguales, pero biológicamente son diferentes, el promedio es menor sin Ivermectina (3.7) y mayor con Ivermectina (6.1) (Figura 1).

Figura 1. Promedio de individuos por día según Ivermectina.



6.2.1.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – TIEMPOS DE VIDA DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE IVERMECTINA

Se realizaron montajes en 7 terrarios simulando las condiciones de hábitat de los individuos colectados, esto con el fin de hacer el proceso experimental de supervivencia frente a diferente concentración de Ivermectina aplicados en el sustrato, comparado con el patrón sin Ivermectina. De los organismos colectados se escogieron tres individuos por cada unidad experimental.



Ilustración 8. Terrarios, simuladores de hábitat de escarabajos estercoleros con diferentes concentraciones de Ivermectina



Ilustración 9. Terrarios, simuladores de hábitat de escarabajos estercoleros con diferentes concentraciones de Ivermectina

Tabla 5. Promedio de tiempo de vida de Escarabajos Estercoleros

CONCENTRACIÓN (ppm)	TIEMPO DE VIDA (hrs)
0,876	136
0,852	120
0,732	200
0,654	240

0,551	344
0,241	360
0,0 sin ivermectina	560

Prueba chi para tiempos de vida

Tabla 6. Promedios de tiempos de vida por concentración. Prueba Chi cuadrado

Promedio de tiempo de vida (hrs)	Relación de concentración y tiempo de vida	Porcentaje de supervivencia
280	74,0571429	6,94
280	91,4285714	6,12
280	22,8571429	10,20
280	5,71428571	12,24
280	14,6285714	17,55
280	22,8571429	18,37
280	280	28,57
	511,542857	100
		2,7413E-107

Se obtuvo promedios de tiempo de vida para cada concentración y se realizó una prueba de chi cuadrado de bondad de ajuste para determinar si hay diferencia estadística entre los valores promedio de cada concentración, es decir, compara los siete valores. Se formulan las hipótesis: hipótesis nula (H_0): los valores promedio de horas de vida no presentan diferencias significativas en las concentraciones ($p \geq 0.05$); hipótesis alterna

(Ha): por lo menos un promedio de vida de alguna concentración presenta diferencias significativas ($p < 0.05$). Se aplicó la prueba y el valor p de la prueba chi ($p = 2.7413E-107$; $p < 0.05$; $\chi^2 = 511.5429$) es menor de 0.05, es decir, si hay por lo menos un valor de un promedio de vida diferente a los demás; se toma el 100% de horas de vida como la sumatoria total de todos los promedios (1.960 H) y se toma para cada concentración el porcentaje correspondiente: el mayor correspondiente a horas de vida está en 0.0 sin ivermectina: 28.57%, que equivalen a las 560 H; los porcentajes que siguen son para las concentraciones 0.241: 18.37% (360 H), y, 0.551: 17.55% (344 H), los cuales son semejantes; los siguientes son para las concentraciones 0.654: 12.24% (240 H) y 0.732: 10.20% (200 H), los cuales son semejantes; por último, los más bajos datos son para las concentraciones 0.876: 6.94% (136 H) y 0.852: 6.12% (120H), los cuales son semejantes.

Conclusión: Los menores tiempos de vida están en las concentraciones 0.852: 120H y 0.876: 136 H; el mayor tiempo de vida está sin ivermectina: 560 H.

Análisis de varianza para promedios de vida

Se realizó un análisis de varianza univariado (ANOVA) para determinar si hay o no diferencia significativa entre los promedios de horas de vida de las concentraciones; compara los promedios de acuerdo con los tres valores de horas de vida de cada concentración. Se plantean las hipótesis: hipótesis nula (H_0): los promedios de horas de vida para las concentraciones no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$); hipótesis alterna (H_a): por lo menos un promedio de horas de vida de alguna concentración

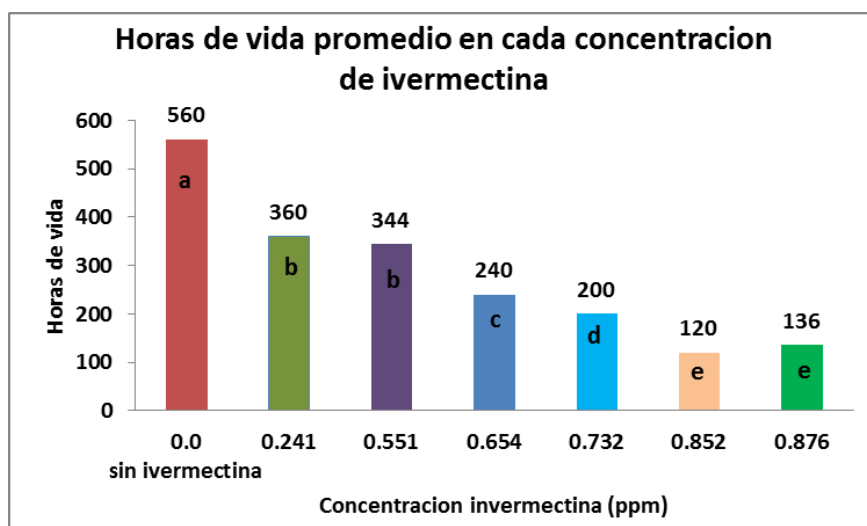
presenta diferencias significativas ($p < 0.05$). Si se presentan diferencias se aplica la prueba de comparación múltiple: diferencia mínima significativa (DMS).

Tabla 7. ANOVA para horas por Concentración

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculado	Valor-P
Tratamientos	429.696	6	71.616	373	0
Error	2.688	14	192		
Total	432.384	20			

El mayor promedio de horas de vida es sin ivermectina (560 H, Figura 2, letra a), seguido de la concentración 0.241 (360 H, letra b) y 0.551 (344 H, letra b); con menos horas de vida en promedio esta la concentración 0.654 (240 H, letra c); menor cantidad de horas de vida a concentración de 0.732 (200 H, letra d); las dos más bajas cantidades de horas de vida se dan a las dos concentraciones más altas: 0.876: 136 H, y, 0.852: 120 H (letra e).

Figura 2. Horas de vida en cada concentración de Ivermectina



Relación entre horas de vida y concentración

Se realizó un análisis de regresión para determinar si hay o no relación entre los valores de horas de vida y la concentración. Se formulan las hipótesis: hipótesis nula (H_0): no hay relación entre la concentración y las horas de vida ($p \geq 0.05$); hipótesis alterna (H_a): si hay relación entre la concentración y las horas de vida ($p < 0.05$).

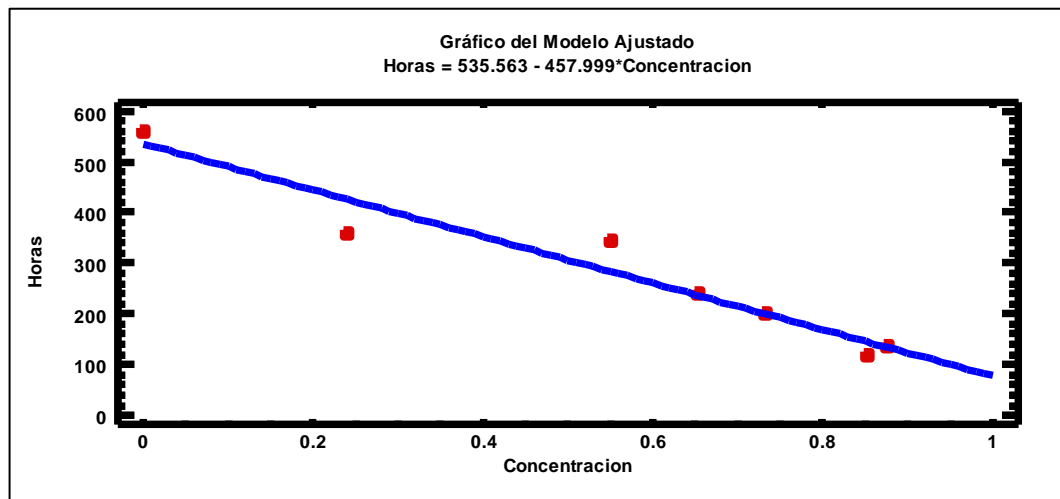
Tabla 8. *Análisis de varianza relación entre horas de vida y concentración de Ivermectiva*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrado Medio	F calculado	Valor-P
Modelo	134.029	1	134.029	72.82	0.0004
Error	9.203.31	5	1.840.66		
Total	143.232	6			

El valor p del ANOVA ($p=0.0004$) es menor de 0.05, es decir, si hay relación entre las concentraciones y las horas de vida. Se determina el coeficiente de correlación para ver qué tan relacionadas están las dos variables; la relación entre concentración y horas de vida es fuerte inversa: $r=-0.9673$. Se determina el coeficiente de determinación: se explica el 93.57% de la variabilidad de los valores de las horas de vida de acuerdo a una relación lineal con los valores de concentración. Se determina la ecuación de regresión y en ella el valor del coeficiente de regresión, donde su valor es de -457.99: hay una disminución de 458 horas de vida por cada unidad de concentración que se aumente, es igual a una disminución de 45.8 horas de vida por cada 0.100ppm que se aumente en la concentración, o, disminución de 4.58 horas de vida por cada 0.010ppm que se aumente en la concentración. Se pueden calcular las horas de vida con la ecuación, reemplazando

el valor de la concentración en la ecuación: $hr = 535.56 - 457.99 \cdot \text{Concentración}$ (Figura 3).

Figura 3. Línea de regresión de horas de vida vs concentración.



7. ACTIVIDAD 2

7.1 Tratamiento con Ivermectina

Del grupo experimental, se escogieron 20 bovinos sin tener en cuenta la carga parasitaria, el peso corporal y raza. Se separaron en dos grupos de a 10 animales cada uno; el grupo I sin tratamiento y grupo II con tratamiento.

Durante todo el período experimental, cada grupo permaneciendo en dos potreros separados por un periodo de 20 días, delimitado el terreno de aproximadamente 1 hectárea para el estudio con una cerca eléctrica para separar los dos grupos de unidades experimentales.

A los animales del grupo tratado se les suministraron Ivermectina al 1% por vía subcutánea en una dosis de 0,2 mg/kg de peso vivo y con una persistencia de 28 a 35 días post tratamiento (Rodríguez, 2.010)



Ilustración 10. *Toma de muestras de heces*

Las muestras de heces se recolectaron por medio de palpación rectal, previo al tratamiento con ivermectina (tiempo 0), y después del tratamiento en los días 1, 2, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 19 y 20, días posteriores al tratamiento.

Las 20 muestras de materia fecal con un peso aproximado a 10 gramos se almacenaron a una temperatura de -195.8°C con nitrógeno líquido hasta su análisis en el laboratorio. (HPLC) (Navias, 2.008).

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de análisis cromatografico de Corpoica-Bogotá cada una de ellas con dos repeticiones para ser agrupadas y determinar las concentraciones de Ivermectina mediante el uso de un detector de fluorescencia por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) según técnica descrita por Navias, (2.006). Estos resultados se expresaron en partes por millón.

Tabla 9. *Concentración por día de Ivermectina extraída del estiércol de ganado bovino*

DÍAS	CONCENTRACIÓN (ppm)	RECUPERACIÓN EN %
2	0,8760	87,6
3	0,8520	85,2
4	0,7320	73,2
6	0,6540	65,4
8	0,5510	55,1
12	0,2410	24,1
14	0,1100	11
16	0,0120	1,2
19	0,0041	0,41
20	0,0017	0,17

De la tabla 9 y 10, se determina que a medida que transcurren los días después de la aplicación, disminuye la concentración de Ivermectina en la materia fecal ($P= 5.33 \times 10^{-7}$; $P < 0.05$). El Valor P del análisis de varianza muestra como la variable concentración va disminuyendo con el tiempo. Nótese que la concentración inicial (0,8760) es muy alta comparada con la concentración final (0,0017).

Tabla 10. *Análisis de varianza de la concentración de Ivermectina*

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1,158801809	1,158801809	206,8843463	5,33299E-07
Residuos	8	0,044809647	0,005601206		
Total	9	1,203611456			

Otros estudios presentan las concentraciones más altas de Ivermectina halladas en las heces de animales tratados por vía subcutánea, se encuentran a los 3 días post-tratamiento, con un valor 0.717ppm y los valores más bajos 0.002 ppm, se encontraron los 21 días post-tratamiento (Iglesias, 2.006); En el presente estudio la concentración es muy alta del 87,6 en el segundo día pos-tratamiento. Así mismo otros estudios determinaron que las concentraciones de IVM fueron 1.150 ppm (en el día tres post-tratamiento) y 22,8 ppm (en el día 29 post-tratamiento) (Suarez, 2.003) siendo muy altas las concentraciones comparadas con el presente estudio.

A diferencia con moxidectina (Lactona macrocíclica), los valores de concentración máxima encontrados en materia fecal húmeda son de 5,2 ppm, obtenido este resultado a los 6 días de haberse aplicado el desparasitante. Esto indica que se presenta un pico de concentración, ya que a los primeros días no se obtuvieron niveles de moxidectina y después del sexto día fue disminuyendo progresivamente (Pérez, 2.001).

Tabla 11. *Coefficiente de determinación de concentración de Ivermectina*

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	0,9600943	0,045367	21,1626124	2,6E-08	0,9	1,06	0,85548	1,0647
DIAS	-0,05353	0,003722	-	5,3E-07	-0	-0	-0,0621	-0,045

Con respecto al coeficiente de determinación (tabla 11), la variabilidad de concentración está explicada en un 96.28% de acuerdo a una relación lineal con los días, las concentraciones de Ivermectina disminuyen con el tiempo en las deposiciones del

ganado. El coeficiente de regresión ($y = -0,0535x + 0,9601$) indica que el valor de las concentraciones disminuye por ppm por cada día que se aumenta. La variable correspondiente a las concentraciones de Ivermectina depende del tiempo, ya que posterior al tratamiento a medida que aumenta éste, las concentraciones del desparasitante disminuyen.

Las variables están fuertemente relacionadas; se disminuye la concentración de Ivermectina en 0.0535 ppm por cada día que transcurre; es decir en los intervalos de tiempo tomados dentro del tratamiento, se denota la reducción antihelmíntica en una constante de acuerdo a los tiempos de toma de muestras de las heces.

Tabla 12. *Porcentaje de recuperación de Ivermectina con la aplicación de diferentes concentraciones en las heces de ganado bovino.*

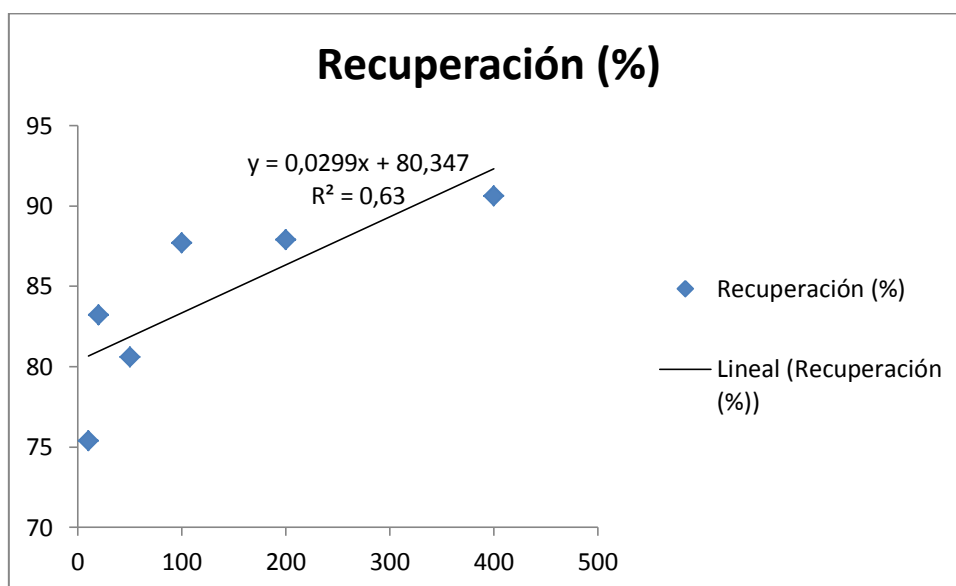
Concentración (ppm)	Recuperación (%)
10	75,4
20	83,2
50	80,6
100	87,7
200	87,9
400	90,6

Se realizó un proceso experimental para determinar el porcentaje de recuperación de Ivermectina con diferentes concentraciones en muestras de estiércol de ganado bovino no tratado, fortificadas con el desparasitante (tabla 12 y figura 4).

Aplicando la misma técnica de análisis de HPLC (Navias, 2006), hay una recuperación del 0.0299% por cada unidad en ppm de Ivermectina contenida en las heces. Se

determinó que a mayor cantidad de concentración aplicada, mayor porcentaje de recuperación del desparasitante. Sin embargo, con la aplicación de estas diferentes concentraciones directas en la materia fecal no se obtuvo un recuperación del 100%, es probable que el contenido no obtenido se haya degradado por factores abióticos.

Figura 4. Línea de porcentaje de recuperación de Ivermectiva



8. FASE 3. EVALUACIÓN

La importancia de los escarabajos coprófagos en la fertilidad y productividad de los suelos es fundamental, dado a que permiten la degradación de la materia orgánica producto de la excreción del ganado bovino.

Este estudio permitió analizar los factores de riesgo de supervivencia de la entomofauna coprófaga, por el empleo de desparasitantes que por su factor económico, hoy en día los ganaderos emplean sin tener en cuenta que no solo eliminan parásitos internos de los individuos con el tratamiento sino que sigue su acción insecticida en el excremento de

los mismos perjudicando a organismos no blanco encargados de procesos vitales en los pastizales.

Teniendo en cuenta este impacto ambiental desfavorable producto de la utilización de la Ivermectina, se proponen estrategias de educación y gestión ambiental que permitan dar solución a la problemática, para el mantenimiento y conservación de las diferentes familias de escarabajos estercoleros.

Las acciones propuestas reparadoras son:

- A través de diálogos con la comunidad, se pretende sensibilizar frente a la problemática, dando a conocer los resultados obtenidos a partir de este estudio.
- Con ayuda de medios publicitarios fomentar el empleo de otros desparasitantes eficaces, con menor toxicidad e impacto ambiental negativo, generando la disminución de la utilización de Ivermectina. Según Lumart, 2005, los benzimidazoles (tiabendazol, cambendazol, fenbendazol, mebendazol y oxfendazol) que han sido estudiados, así como los imidazotiazoles (levamisol) no tienen efectos nocivos significativos sobre los coleópteros coprófagos, al igual que las salicilanilidas (niclosamida y rafoxamida). Así mismo presenta un efecto menos nocivo al ambiente y con más eficacia en los parásitos blanco la Moxidectina. Se ha demostrado en Estados Unidos que el estiércol de animales tratados con la inyección de moxidectina a la dosis de 0.2 mg/kg no afectaría ni la fecundidad ni la tasa de emergencia de los escarabajos coprófagos *Onthophagus gazella* y *Euoniticellus intermedius*, mientras que los residuos de ivermectina tuvieron efectos adversos (Lumaret, 2.005).

- Con la ayuda de entidades ambientales competentes trazar un plan de emergencia para mitigar el impacto, teniendo en cuenta las normativas vigentes, frente al empleo y dosis de estos desparasitantes.

9. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto se determinó el grado de afectación y por ende el impacto ambiental generado por el antiparasitario Ivermectina, en el desarrollo biológico de las familias de escarabajos estercoleros, dado a que causa parálisis y muerte a los individuos, importantes en los procesos biológicos y ecológicos en el agroecosistema.

Se pudo observar que la Ivermectina en algunas especies de escarabajos logro ser factor atrayente y por consiguiente continuaba su efectividad en cuanto a su funcionalidad, lo cual desfavorece a estos organismos, ya que acorta sus tiempos de vida estando en contacto con el desparasitante.

La Ivermectina genera un grave impacto ambiental, no solo afecta a los individuos objeto de estudio sino también al ganado bovino, al agroecosistema y a los seres humanos, ya que al no ser suministrado y dispuesto debidamente puede causar daños irreparables en el ambiente, la salud y bienestar de quienes están en contacto con ella.

En la tabla de porcentaje de recuperación de Ivermectina con la aplicación de diferentes concentraciones en las heces de ganado bovino, se puede observar que a pesar de que se adicionaron altas concentraciones de Ivermectina, no se recuperó el 100% del desparasitante. Así mismo, en la tabla de concentración por día de Ivermectina extraída del estiércol del ganado bovino, se evidencia que en el segundo día post tratamiento se recuperó una concentración superior comparada con los demás días posteriores al

tratamiento. Los resultados obtenidos tanto en la tabla 9 como en la 12 están relacionados con que cierta parte del desparasitante está siendo asimilado por diferentes agentes biológicos internos en el individuo o agentes ambientales.

Las concentraciones obtenidas en la materia fecal después de haber aplicado la Ivermectina al ganado bovino, indican que este antihelmíntico continúa ejerciendo su función, esto llegando a perjudicar a la entomofauna coprófaga, encargada de la degradación de las heces, retornando los nutrientes y minerales al suelo.

Hay una proporcionalidad en cuanto a mayor sea la concentración hay mayor recuperación (porcentaje de recuperación de Ivermectina con la aplicación de diferentes concentraciones en las heces de ganado bovino), sin embargo existen discrepancias en los datos obtenidos al ser ubicados en Línea de porcentaje de recuperación (figura: línea de porcentaje de recuperación de Ivermectina), pues se encuentran datos en concentraciones como por ejemplo de 20ppm (83.2%) superior al porcentaje obtenido en 50ppm (80,6 %). De ahí que los valores de la recta no se ven ajustados a ella.

Los resultados obtenidos de la investigación, pretenden incentivar y desarrollar acciones para sensibilizar hacia la conservación y recuperación de la entomofauna, buscando minimizar el empleo de este medicamento, retomando las prácticas tradicionales o la utilización de otros productos con menor grado de toxicidad, teniendo en cuenta la reglamentación de las concentraciones aceptables de estos desechos tóxicos y que tengan el menor impacto sobre el ambiente, dirigido a los propietarios de hatos de

bovinos y a aquellas personas que directa o indirectamente tienen que ver en el sector ganadero en el altiplano boyacenses.

AGRADECIMIENTOS

Al decano de la Facultad de ciencias, Dr. GABRIEL PATARROLLO MORENO; al Director de la Escuela de Posgrados, Dr. JOVANNY ARLES GÓMEZ CASTAÑO y al Coordinador Académico de la Maestría en Ciencias Biológicas, Dr. JAIRO ANTONIO CAMACHO REYES, por darme la oportunidad de pertenecer a la Maestría en Ciencias Biológicas de la U.P.T.C y por permitirme continuar con mi proceso académico a nivel de Posgrado.

A mi Director de Tesis PhD. ROY JOSÉ ANDRADE, por su apoyo constante en la formulación y desarrollo del proyecto.

A los Jurados Evaluadores M.Sc. JULIO CESARR GIRALDO y M. Sc. MARTÍN ORLANDO PULIDO por sus orientaciones y aportes en el desarrollo de mi proyecto de grado.

Al personal encargado de la Granja Experimental Tuguavita, por permitirme el espacio y los individuos objeto de estudio (bovinos), para la realización de la fase inicial del proyecto.

Al personal de Laboratorio de análisis molecular (CORPOICA BOGOTÁ) por la colaboración en el análisis de la muestras de heces.

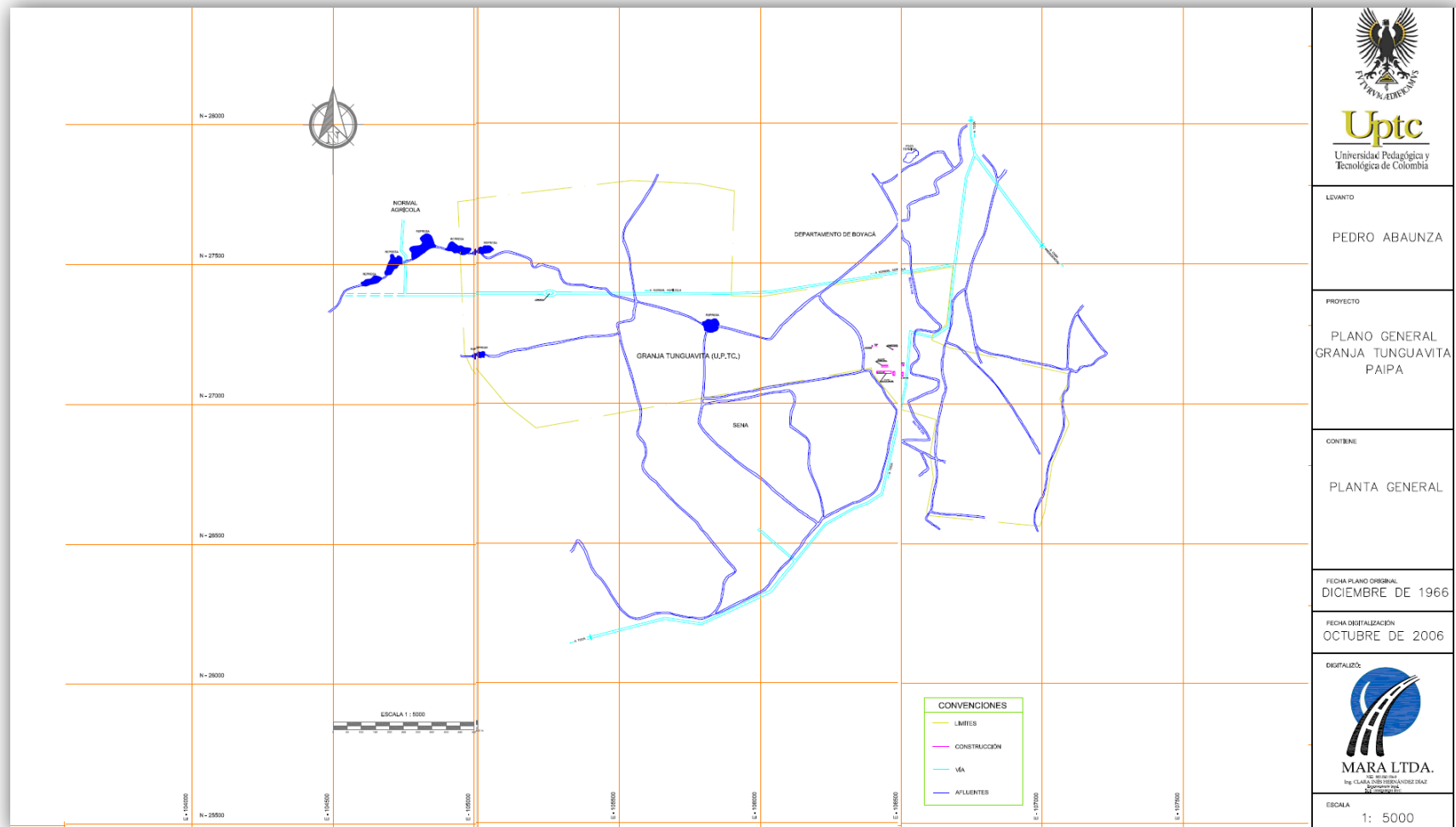
Al profesor FREDY MOLANO y su grupo de expertos investigadores por la orientación hacia la identificación de las especies de escarabajos estercoleros encontrados.

Al personal de laboratorio de biología por el préstamo de las instalaciones y equipos pertinentes para las fases experimentales.

Al profesor DANIEL GALINDO por su apoyo en la orientación estadística de los resultados obtenidos.

ANEXO 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA GRANJA TUNGUAVITA



BIBLIOGRAFÍA

Florián, J. y Tetay, J. (1.999) El Camino del saber: Elementos Teórico Metodológicos

Básicos Del Proceso Investigativo. Ediciones Usta.

DOI.

http://www.researchgate.net/publication/44482912_El_camino_del_saber__elementos_tericometodolgicos_bsicos_del_proceso_investigativo__Jorge_Murcia_Florin_Jos_Mara_Tetay_Jaime

Hernández - Sampieri R; Fernández –Collado C; Baptista-Lucio P. (1.997). Metodología de la investigación. Escuela Superior de Comercio y Administración. Instituto Politécnico Nacional. McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V. ISBN 968-422-931-3. Colombia.

Leal, J., Fluxia, E. (1.998) Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local. Dirección de proyectos y programación de inversiones. LC/IP/L. 148.

INFOGRAFÍA

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Acosta, Alberto; Giovanni, Fagua; Zapata, Angela. (2.009). Técnica de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo en Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 1 Edición /Agosto ISBN: 978-958-716-266-0.

DOI.http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/RinconLiterario/2009/noviembre/B_310.pdf

Alvarado-Chaparro, Eugenia; Cardenas- Higuera, Viviana. (2.008). Diseño De Un Manual Para El Manejo De Medicamentos Veterinarios Decomisados Por El Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Universidad de la Salle. Bogotá, D.C
DOI.<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14343/T41.08%20A86d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aparicio José Manuel, Paredes Varinia, González Odalys, Navarro Omar. (2.011). Impacto De La Ivermectina Sobre El Ambiente. Managua, Nicaragua. Revista Científica la Calera. Vol.11. N° 17, p. 64 - 66 /Diciembre. ISSN 1.998 – 8850.
DOI. <http://repositorio.una.edu.ni/2368/1/ppp01u58i.pdf>

Basto-Estrella, Gertrudis; Rodríguez-Vivas, Roger; Delfín-González, Hugo y Reyes-Novelo Enrique. (2.012). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Ranchos Ganaderos de Yucatán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 29 julio; octubre 2.011.83: 380-386.
DOI.http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532012000200008

Behling-Miranda, Cesar. (2.006). Contribución del Escarabajo Africano en la Mejoría de la Fertilidad del suelo. X Seminario de Pastos y Forrajes. Brasil, Sin meses.
DOI.http://www.avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A17-Cesar%20Behling.pdf

Boito, Graciela; Gerardo, Ulises Abel; Giuggia, Jorge Antonio. (2.009). Uso De Trampas "Barber" Para Determinar La Diversidad De Coleópteros Epígeos Asociados Al Cultivo De Maní (*Arachis hypogaea* L.). Córdoba, Argentina Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLI. N° 1. Año 2.009. 23-31. 20 de noviembre de 2009
DOI. <http://www.redalyc.org/pdf/3828/382837644014.pdf>

Cruz-Rosales, Magdalena. (2.011) Contribución de los Escarabajos Estercoleros a la Productividad Ganadera en Veracruz. Tesis Doctoral en Ciencias.
DOI.http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/696/1/Cruz_Rosales_MM_DC_Agroecosistemas_Tropicales_2011.pdf

Dzul- Escamilla M. (2.013). Fundamentos de la metodología de la investigación. Licenciatura en mercadeo. Universidad de Estado de Hidalgo. México. 2013-12-16T19:38:10Z
DOI.http://www.redetis.iipe.unesco.org/wpcontent/uploads/2014/03/programa_2014_2.pdf

Escobar, A. (2.010) Taxonomía y variación morfológica del complejo de especies del género *Uroxys* (scarabaeidae: scarabaeinae) en el sistema regional de áreas protegidas del eje cafetero (sirap-ec), Colombia. Cali (Colombia)
DOI. <http://www.biodiversidad.co/fichas/3334>

Flechas – Fajardo, Guillermo. (2.010). Geografía del departamento de Boyacá Secretaría de Minas y Energía de Boyacá.
DOI.<http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=8s4qZC8rCMM%3D&tabid=269&language=en-US>

Flota-Bañuelos, Carolina; López-Collado, José; Vargas-Mendoza, Mónica; Fajersson, Pernilla; González-Hernández, Héctor; Martínez-Morales, Imelda. (2012). Efecto De La Ivermectina En La Dinámica Espacio-Temporal De Escarabajos Estercoleros En Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Mayo-Agosto, 227-239.
DOI. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93924497005>

García Salazar B.*, Hernández Moreno D., Soler Rodríguez F., Pérez-López M. (2011). Empleo De Ivermectina Como Parasiticida En Ovino: Posibles Efectos Tóxicos Y Repercusiones Ambientales. Unidad de Toxicología. Facultad de Veterinaria. Murcia 23-32.
DOI. <http://revistas.um.es/analesvet/article/view/160111>

García, G. (2013) / A.E.A. ¿Cuáles son los beneficios de los escarabajos estercoleros para el ganado y los pastos? Universidad La Salle Escarabajos estercoleros. Control biológico. Federación colombiana de ganaderos. *Revista ciencia y Tecnología Ganadera*, Sin meses, 32, 36.
DOI. <http://es.slideshare.net/Fedegan/carta-fedegan-117>

Gordon, R. D., and P. E. Skelley. 2007. A monograph of the Aphodiini inhabiting the United States and Canada (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae). *Memoirs of the American Entomological Institute* 79: 580 pp.
DOI. <http://museum.unl.edu/research/entomology/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeidae/Aphodiinae/AphodiinaeTribes/Aphodiini/Coleotrachelus/Coleotrachelus.html>

Herrera, L. A. P., Medina, C. A., Riveros, R. A., Pulido Herrera, L. A., Medina, C. A., & Riveros, R. A. (2007). Nuevos registros de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae:

Scarabaeinae) para la región andina de Colombia. Parte I. *Revista de la Academia colombiana de ciencias exactes, físicas y naturales*, 31(119), 305.

DOC. http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_31/119/305-310.PDF

Iglesias, L. E. , Saumell, C. A. Fernández, A. S. , Fusé, L. A. , Lifschitz, A. L. , Rodríguez, E. M. , Steffan, P. E. , Fiel, C. A. (2.006). Environmental impact of ivermectin excreted by cattle treated in autumn on dung fauna and degradation of faeces on pasture. *Parasitology Research*. December. Issue 1, pp 93-102

DOC. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16821034>

Lawrence, J. F. & Newton, A. F., Jr. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selectes genera, notes, references and data on family-group names). In: Pakaluk y Slipinski (Eds.). *Biology, phylogeny and classification of Coleoptera: Papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. Pp. 779-1006. ISBN 83-85192-34-4.

DOC. <http://www.coleoptera-neotropical.org/4-famcol.html>

Lumaret Jean, Martínez Imelda. (2.005). *Ensayo El Impacto De Productos Veterinarios Sobre Insectos Coprófagos: Consecuencias Sobre La Degradación Del Estiércol En Pastizales*. México. Universidad Paul Valéry, Sin meses, *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 21(3): 137-148.

DOC. <http://www.redalyc.org/pdf/575/57521307.pdf>

Medina, Claudia A.; Lopera, Toro, Alejandro; Vítolo, , Adriana; Gill, , Bruce. (2.001).

Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*, noviembre, 131- 144.

DOC. <http://www.redalyc.org/pdf/491/49120202.pdf>

Morón, Miguel Ángel; Reyes Castillo, Pedro. (2.012). Reseña de "la función de los

escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos" de martínez m, i., m. cruz r., e. montes de oca y m. t. SUÁREZ. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, Sin mes, 227-229.

DOC. <http://www.redalyc.org/pdf/575/57523630019.pdf>

Muñoz A, Angulo F , Ramírez R, Vale O , Chacín E, Simoes D y Atencio A. Eficacia

antihelmíntica de doramectina 1%, ivermectina 1% y ricobendazol 15% frente a nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo, Venezuela. 2008; FCV-LUZ / Vol. XVIII, N° 1, 12 – 16.

DOC. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S07982592008000100003&script=sci_arttext

Navias C. (2.006) Comparación del perfil de excreción fecal de moxidectina luego de la

administración subcutánea en ovinos con y sin parasitismo gastrointestinal. Universidad de Concepción Facultad de Medicina Veterinaria Departamento de Ciencias Clínicas. Chillán – Chile.

DOC. http://www.researchgate.net/publication/267565749_COMPARACION_DEL_PERFIL_DE_EXCRECION_FECAL_DE_MOXIDECTINA_LUEGO_DE_LA_ADMINISTRACION_SUBCUTANEA_EN_OVINOS_CON_Y_SIN_PARASITISMO_GASTROINTESTINAL

STRACIN_SUBCUTNEA_EN_OVINOS_CON_Y_SIN_PARASITISMO_GASTRO INTESTINAL

Pérez R, Cabezas I, Godoy C, Rubilar L, Díaz L, Muñoz L, Arboix M, Alvinerie M. (2.001)

Disposición plasmática y fecal de moxidectina administrada por vía oral en caballos.

Chillán, Chile. Arch. med. vet. v.33 n.1 Valdivia 2.001: 0301-732.

DOC.http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301732X2001000100009&script=sci_arttext

Pincheira, Andrea Carolina. (2.005). Comparación Del Perfil De Excreción Fecal De

Ivermectina Administrada Por Vía Subcutánea En Ovinos Parasitados Y Sin Parasitismo Gastrointestinal. Tesis de la Facultad de Medicina Veterinaria. Chillán – Chile, Sin mes, 3-40

DOC.http://www.researchgate.net/publication/267565749_COMPARACION_DEL_PERFIL_DE_EXCRECION_FECAL_DE_MOXIDECTINA_LUEGO_DE_LA_ADMINISTRACION_SUBCUTANEA_EN_OVINOS_CON_Y_SIN_PARASITISMO_GASTROINTESTINAL

Rodríguez-Vivas, RI; Arieta-Román, RJ; Pérez-Cogollo, LC; Rosado-Aguilar, JA; Ramírez-

Cruz, GT; Basto-Estrella, G. (2.010). Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado bovino. *Archivos de Medicina Veterinaria*, Sin mes, 115-123.

DOC. <http://www.scielo.cl/pdf/amv/v42n3/art02.pdf>

Sanabria-Villate, Andrés. (2.010) Granja Experimental Tunguavita Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Paipa Proyectos Productivos Pecuarios.

DOC.http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/direccion_extencion/serv_docent_asistenciales/granja_tunguavita/documentos/portaf_pecuarios.pdf

Secretaria De Planeación De Paipa. Pot Paipa, Encontrado en <http://www.paipa-boyaca.gov.co>, 03 de Septiembre de 2013.

Solís, Angel. (2.000). Métodos y técnicas de recolecta para coleópteros Scarabaeoideos. *Santo Domingo, Heredia, Costa Rica, América Central Instituto Nacional de Biodiversidad, Apartado postal 22-3100,*

DOC. <http://www.inbio.ac.cr/papers/meto-col-scarabaeoidea/metoscar.pdf>

Spector, S. (2.006). Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*, 60(sp5), 71-83.

DOC. <http://www.jstor.org/stable/4153164>

Suarez, V. H., Lifschitz, A. L., Sallovitz, J. M. and Lanusse, C. E. (2.003), Effects of ivermectin and doramectin faecal residues on the invertebrate colonization of cattle dung. *Journal of Applied Entomology*, 127: 481–488. doi: 10.1046/j.0931-2048.2003.00780.x

DOC. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0931-2048.2003.00780.x/abstract>

Vega, C.; Montoya, A. y Rodriguez, L. (2.008). Análisis económico del hato lechero de la granja universitaria Tinguavita. Estudio de caso. *Agron. Colomb*, Sin meses, 360-370.

DOC. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13522>